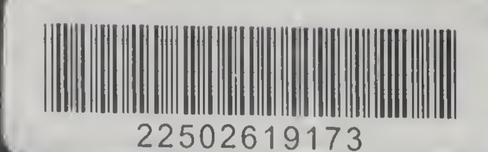
TOBY COHN

Elektrodiagnostik und Elektrotherapie

Vierte Auflage







LEITFADEN

DER

ELEKTRODIAGNOSTIK UND ELEKTROTHERAPIE

FÜR

PRAKTIKER UND STUDIERENDE

VON

DR. TOBY COHN
NERVENARZT IN BERLIN.

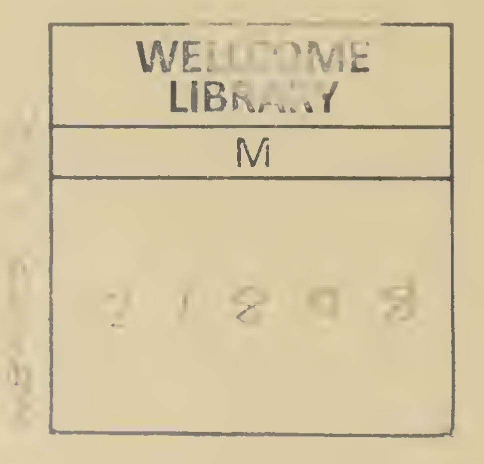
MIT 6 TAFELN UND 65 ABBILDUNGEN IM TEXT.

VIERTE, VOLLSTÄNDIG UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE.



BERLIN 1912
VERLAG VON S. KARGER
KARLSTRASSE 15.

Eine englische Übersetzung ist bei Funk & Wagnalls Company in New York, je eine russische in Moskau und Petersburg, und eine italienische bei Francesco Vallardi in Mailand erschienen.



Druck von A. Hopfer in Burg b. M.

MITT

aus

Dr. Toby Cohn's

Poliklinik für Nervenkrankheiten.

Berlin N W., Karlstr. 22, 1/2 12—1 Uhr. d.

Amt Norden, 9352

Fig. 9.
Fig 12.

Vorwort zur vierten Auflage.

Die Ergebnisse der Forschung in der seit Bearbeitung der dritten Auflage dieses Buches verflossenen Zeit haben eine große Zahl von Ergänzungen und Veränderungen notwendig gemacht. Besonders hat der therapeutische Teil durch Hinzufügung von schematischen und anderen Figuren (das Buch enthält jetzt 71 gegen 36 der ersten Auflage) sowie durch Bereicherung der methodologischen Abschnitte einen nicht unbeträchtlichen Umfangszuwachs erfahren. Bei der Auswahl der Figuren- und Text-Zusätze habe ich immer vor allem den Bedürfnissen der allgemeinen Praxis Rechnung getragen. Ich konnte mich jedoch den mir oft im Laufe der Jahre von praktischen Vertretern verschiedener medizinischer Spezialgebiete geäußerten „Spezial"-Wünschen nicht ganz entziehen und habe mich — zum Teil freilich nicht ohne Widerstreben — selbst entschlossen, die Kapitel über Franklinisation, Arsonvalisation und die neueren Stromarten (Sinusoidalstrom, Leducstrom usw.) völlig durchzuarbeiten und zu erweitern. Dazu habe ich unter anderem das neue schöne, die gesamte Elektromedizin erschöpfend darstellende Handbuch von Boruttau-Mann, von dessen elektrotherapeutischem Bande (Band II, Teil 2) mir noch vor dem Erscheinen die Herren Herausgeber in liebenswürdigster Weise die Korrekturbogen zur Verfügung gestellt haben, ausgiebig benutzt. Ich bin ihnen und besonders Herrn Professor L. Mann dafür zu großem Dank verpflichtet. Ebenso habe ich den Anmerkungen, die Herr Professor v. Luzenberger (Rom) seiner ausgezeichneten italienischen Übersetzung der dritten Auflage meines Leitfadens beigefügt hat, manche praktische Hinweise, insbesondere manche Angaben aus der schwer zugänglichen italienischen elektrologischen Literatur zu verdanken.

Es bedarf keiner Erwähnung, daß ich auch meine eigenen Studien und Erfahrungen aus den letzten Jahren, sowohl auf elektrologischem Gebiete als auf dem der plastischen Anatomie und topographisch-palpatorischen Diagnostik („Die palpablen Gebilde des normalen menschlichen Körpers und deren methodische Palpation", Band I—III, Berlin, S. Karger; Abschnitt „Allgemeine Elektrotherapie" in Lewandowski's „Handbuch der Nervenkrankheiten", Berlin, Julius Springer, usw.) für die Neubearbeitung ausgiebig verwertet habe.

Obwohl demnach die vorliegende vierte Auflage nicht unwesentliche innere Veränderungen — wie ich hoffen will, Verbesserungen — und eine gewisse „Volumszunahme" aufweist, habe ich mich doch bemüht, die ganze Struktur, das eigentliche Wesen des Buches unverändert zu lassen. Ich habe mich so oft mit Freude davon überzeugt, wieviele Freunde der „Leitfaden" in seiner alten Gestalt weit über die Grenzen des Vaterlandes hinaus gewonnen hat, daß ich mit möglichst konservativem Verhalten das Richtige getroffen zu haben glaube.



Außer einer englischen und italienischen Übersetzung ist eine — wie ich von Sprachkundigen höre, sehr gute — russische Übersetzung der dritten Auflage unter dem Protektorate des Herrn Professor Minor (Moskau) erschienen.

Meinem verehrten lieben Vater danke ich für seine mir auch diesmal wieder gewährte Mithilfe bei der mühsamen Aufgabe der Korrekturen.

Berlin, Oktober 1911.

Toby Cohn.

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Der vorhandenen Anzahl, Elektrodiagnostik und -therapie behandelnder, teils umfangreicher, teils kompendiöser Lehrbücher ein neues beizufügen, ist ein Unterfangen, das einer Rechtfertigung bedarf. Ich habe diesen kurzen Leitfaden geschrieben, nicht weil ich glaube, mit demselben inhaltlich Neues bringen zu können, sondern weil ich auch meinerseits den bisher noch nicht geglückten Versuch nicht unterlassen wollte, die große Menge der Studierenden und Praktiker, die immer noch dem hier behandelten Gebiet fast völlig fremd gegenüberstehen, dadurch dafür zu gewinnen, daß ich ihnen das Alte in einer Form bringe, die möglicherweise ihrem Geschmacke nahekommen könnte. In Studenten- und Ärzte-Kursen an der Prof. Mendelschen Poliklinik hat sich mir im Laufe der Jahre nämlich die Tatsache als sicher erwiesen: Medizinstudierende und Ärzte haben im allgemeinen eine Abneigung gegen alle mathematischen Auseinandersetzungen und gegen alle technischen Erörterungen, mit denen meistenteils die elektrotherapeutischen Lehrbücher beginnen. Dies ist zu einem nicht geringen Teil der Grund, weshalb die Lernenden sich vom Nähertreten an den Gegenstand abschrecken lassen. Und wenn das schon für die kurzen Kompendien unseres Faches gilt, — von denen übrigens einige gar zu kurz in wichtigen Dingen sind, oder therapeutisch einseitig einer extremen Richtung huldigen, — so wagt sich der Anfänger gewiß nicht an die größeren, den gesamten Stoff bis in die Einzelheiten darbietenden Fachwerke heran, trotzdem grade das deutsche Schrifttum eine Reihe von Werken dieser Art enthält, die — wie die von Erb, E. Remak, Rosenthal und Bernhardt, Lewandowski usw. — Zierden der neurologischen und der medizinischen Literatur überhaupt darstellen und einen bleibenden Wert beanspruchen.

Ich beginne in diesem Leitfaden, wie sich mir das in meinen Kursen bewährt hat, sofort — nach einigen einleitenden Worten — mit der Beschreibung eines einzigen Apparates, eines stationären Apparats für galvanischen und faradischen Strom, und versuche, mit Hilfe einer Art Anschauungs-Unterricht, gewissermaßen demonstrierend, das nun einmal unvermeidliche Physikalische und Technische in möglichster Kürze zu erledigen. Nach einer, ebenfalls nur das Nötigste bringenden, physiologischen Einleitung gehe ich dann bald zur Untersuchungs-Methodik und zur Pathologie über. Nun ist dieses „Demonstrieren des Apparats“ natürlich an der Hand von Zeichnungen bei weitem nicht so bequem und so eindringlich wie im Kursus am Apparate selbst. Aber da ich der Ansicht bin, daß man das hier behandelte Fach aus

einem Buche allein überhaupt nicht erlernen kann, so nehme ich an, daß dieser Leitfaden entweder im Anschluß an einen Kursus benutzt werden und zu diesem gleichsam die Ergänzung bilden soll, oder daß er einem Praktiker an der Hand eines vorhandenen Apparats zeigen wird, was mit diesem Apparat anzufangen ist: ist dieser Apparat auch kein stationärer oder von anderer Konstruktion, so wird es doch mutatis mutandis — eventuell unter Zuhilfenahme des über die Apparate handelnden Kapitels — nicht schwer sein, sich zurechtzufinden.

Bei der Darstellung der physiologischen und pathologischen Verhältnisse im diagnostischen Teil ging ich von der Ansicht aus, daß man einen Anfänger nicht von vornherein durch eine Fülle von Möglichkeiten und Varianten verwirren und ihm so — gleichsam schon vor dem Essen — den Appetit durch eine Menge an sich interessanter Kleinigkeiten verderben soll: ich glaube vielmehr, daß ein Leitfaden für Anfänger die Aufgabe hat, zunächst Typen darzustellen, die sich leicht fassen und behalten lassen; dann aber freilich, wenn dieselben dem Lernenden eingeprägt sind, ihn eindringlich darauf hinzuweisen, daß es eben nur Typen sind, von denen es zahlreiche Abweichungen und Modifikationen gibt, und ihn auf alle diese — oder doch wenigstens auf die für den Praktiker wichtigen — aufmerksam zu machen. Das ist der Plan, der in diesem Buche verfolgt wurde: wenn manches auch noch so schematisch erscheinen mag, so habe ich doch geglaubt, es zunächst grade so schematisch darstellen zu müssen, habe jedoch stets später — im Text oder in Anmerkungen — nicht unterlassen, das Gesagte einzuschränken, zu korrigieren oder sogar teilweise zu widerrufen.

Der elektrotherapeutische Teil tritt an Umfang hinter dem diagnostischen zurück: ich glaube die Erfahrung zu haben, daß jemand, der die Elektrodiagnostik beherrscht, die elektrotherapeutischen Maßnahmen rasch und leicht versteht, während sie ohne diagnostische Vorkenntnisse nur sehr schwer oder gar nicht zu erlernen sind. — Daß bei der Auffassung der therapeutischen Stromwirkungen Skepsis nötig ist, braucht wohl nicht erst betont zu werden: ich kann mich aber nicht der Auffassung der „Suggestionisten“ anschließen, daß die Heilwirkungen des Stroms ausschließlich psychische sind. —

Ebenso wie ich es für fehlerhaft halte, die Elektrotherapie zu unterschätzen, möchte ich davor warnen, die Elektrodiagnostik zu überschätzen; es ist im Text wiederholt darauf hingewiesen, aber es soll auch hier noch einmal hervorgehoben werden, daß die elektrische Untersuchung nur einen geringen Bruchteil der sämtlichen Untersuchungsmethoden ausmacht: sie ist in manchen Fällen unentbehrlich, aber allein genügt sie niemals zur Diagnosenstellung.

Ein Anhang über die Franklinisation soll das für den Anfänger Wissenswerteste in aller Kürze bringen. — Zur Aufnahme der d'Arsonvalschen — in Deutschland übrigens noch gar nicht eingeführten — „Ströme hoher Frequenz“ in den Plan dieses Leitfadens habe ich mich nicht entschließen können: was darüber bekannt ist, ist noch zu wenig und entbehrt der kritischen Sichtung. Auch die Galvanokaustik, sowie die Verfahren zur elektrischen Beleuchtung und Durchleuchtung habe ich ausgeschlossen.

Berlin, September 1898.

Inhalt.

Teil I. Elektrodiagnostik.

1. Kapitel.

Die Erklärung des Apparates (physikalische Einleitung).

a) Der galvanische Apparat.

Das Element.

Wenn zwei Metalle, z. B. ein Stück Zink und ein Stück Kupfer, oder auch ein Stück Zink und ein Stück Kohle, in eine Flüssigkeit, etwa eine verdünnte Säurelösung, eintauchen, so sammelt sich in den Metallen eine bestimmte Form potentieller Energie (elektrische Energie) unter einer gewissen Spannung an. Eine solche Zusammenstellung einer Flüssigkeit mit zwei hineintauchenden Metallen nennt man ein galvanisches Element. Die Spannung ist in den beiden verschiedenen Metallen eine verschiedene.

Man kann die meisten Metalle in eine Reihe geordnet denken (Spannungsreihe): je nach der Entfernung je zweier Metalle in dieser Reihe ist, wenn sie zum Element vereinigt werden, die Differenz ihrer beiden Spannungen bald größer, bald kleiner: je näher zwei Metalle in der Spannungsreihe beieinander stehen, um so geringer ist die Differenz ihrer Spannungen; je weiter sie in der Reihe entfernt sind, um so größer ist ihre Spannungsdifferenz.

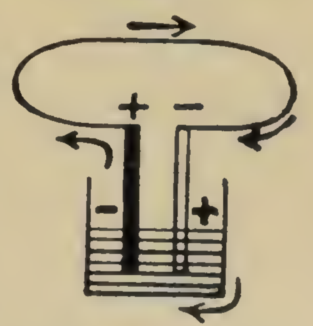
Bei der Spannungsreihe:

Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Kohle, Braunstein

würde also in einem Element aus Zink und Blei die Spannungsdifferenz äußerst gering sein, in einem Element aus Zink und Braunstein (ceteris paribus) am größten.

Wenn man die freien Enden (Pole) der beiden in die Flüssigkeit tauchenden Metalle durch einen die Elektrizität leitenden Körper, z. B. einen Kupferdraht, miteinander verbindet, so beginnen jetzt die differenten Spannungen sich in dem nunmehr geschlossenen Kreise — Metall I, Flüssigkeit, Metall II, Kupferdraht — auszugleichen; und da durch den fortwährenden Kontakt der Metalle mit der Flüssigkeit ein fortdauerndes, immer neues Ansammeln elektrischer Energie in ihnen vorgeht, so ist auch das Ausgleichen der Spannungen nicht ein nur momentanes, sondern ein andauerndes: man nennt dieses Sich-Ausgleichen „Strömen der Elektrizität" (konstanter Strom, galvanischer Strom).

Fig. 1.



Schema eines Elements: das hell gezeichnete Metall = Zink, das dunkel gezeichnete = Kohle. Die Pfeile zeigen die Stromrichtung an.

Der konstante Strom.

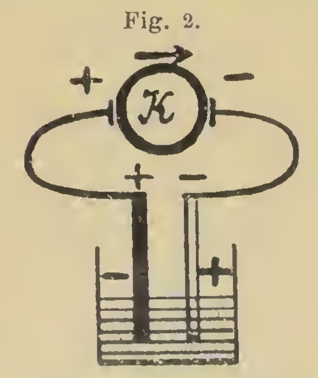
Dieses Strömen geschieht mit um so größerer Energie, je differenter (ceteris paribus) die Spannungen in den beiden Metallen des Elements sind, also je weiter die Metalle in der Spannungsreihe entfernt sind. Die Fähigkeit eines Elements, einen elektrischen Strom zu erzeugen, bezeichnet man als die elektromotorische Kraft des Elements (E). Die elektromotorische Kraft des Elements ist demnach (ceteris paribus) um so größer, je weiter seine Metalle in der Spannungsreihe entfernt sind, je größer ihre Spannungs- oder — wie man auch sagt — ihre Potentialdifferenz ist; es muß also ein Zink-Braunstein-Element resp. ein Zink-Kohle-Element (wiederum ceteris paribus) die größte elektromotorische Kraft entfalten können.

Man unterscheidet in dem Ausgleichen der differenten Spannungen eine Hauptrichtung: diese geht in der Flüssigkeit von dem in der Spannungsreihe voranstehenden zu dem hintenanstehenden Metall; also bei einem Zink-Kohle-Element geht das Ausgleichen, der „Strom", in der Flüssigkeit vom Zink zur Kohle; im Kupferdraht — oder ebenso in jedem anderen, die freien Metallenden („Pole") verbindenden Körper, der als Schließungsbogen bezeichnet wird — muß natürlich die Richtung eine umgekehrte sein, also vom freien Kohlepol zum freien Zinkpol.

Man bezeichnet jedes in der Spannungsreihe voranstehende Metall als positives, jedes hintenanstehende als negatives Metall*) und sagt also: Der Strom in einem galvanischen Element geht in der Flüssigkeit vom positiven zum negativen Metall. Es würde demnach in einem Zink-Kupfer-Element Zink positiv, Kupfer negativ sein, in einem — hypothetischen — Kupfer-Kohle-Element Kupfer positiv, Kohle negativ sein, und der Strom in der Flüssigkeit vom Zink zum Kupfer bezw. vom Kupfer zur Kohle gehen.

Im Schließungsbogen — in dem der Strom, wie gesagt, in umgekehrter Richtung fließt — bezeichnet man aus nicht näher zu erörternden Gründen das freie Ende des positiven Metalls (z. B. im Zink-Kohle-Element den freien Zinkpol) als negativen Pol oder Kathode, das freie Ende des negativen Metalls (den freien Kohlepol z. B.) als positiven Pol oder Anode.

Fig. 2.



Der menschliche Körper (K) im Stromkreis.

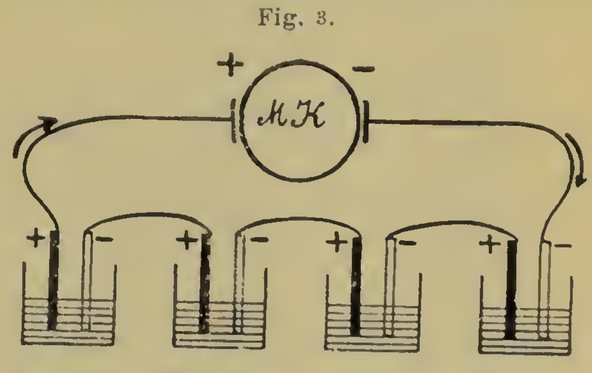
Denkt man sich nun den Schließungsbogen an einer Stelle unterbrochen und einen anderen, Elektrizität leitenden Körper, z. B. einen Teil des menschlichen Körpers (K in Fig. 2), an der Unterbrechungsstelle eingeschaltet, so geht der Strom in derselben Richtung durch diesen Körper hindurch, und man nennt wiederum die Eintrittsstelle des Stroms Anode (positiven, + Pol), die Austrittsstelle Kathode (negativen, — Pol). Die dem Körper dicht anliegenden Teile des unterbrochenen Schließungsbogens, denen man je nach Bedarf verschiedene Formen gibt, heißen Elektroden.

*) Dieses Verhältnis ist nur ein relatives.

Die Batterie.

Es ist für therapeutische und diagnostische Zwecke notwendig, Ströme von verschiedener Kraft, stärkere und schwächere (oder wie man auch sagt, größere und kleinere) Ströme durch den menschlichen Körper schicken zu können. Um diese Abstufungsmöglichkeit zu haben, reiht man mehrere gleichgebaute Elemente aneinander in der Weise, daß man immer den negativen Pol des ersten Elements mit dem positiven des folgenden durch Kupferdraht verbindet*) und schließlich die beiden freien Pole des ersten und letzten Elements miteinander. Diese Zusammenstellung heißt eine galvanische Batterie, und es ist die elektromotorische Kraft der Batterie um so größer, je größer die Anzahl der sie zusammensetzenden Elemente ist. Der Strom in ihr (und auch in dem eventuell eingeschalteten menschlichen Körper) hat die gleiche Richtung wie im Einzelelement: er geht vom ersten Kohle- zum letzten Zinkpol. Man kann darum von einer Anode und einer Kathode der Batterie sprechen. — Ist nun eine Vorrichtung vorhanden, die es ermöglicht, Element für Element oder mehrere und alle gleichzeitig in den Stromkreis einzuschalten, so ist das Postulat der Abstufungsmöglichkeit erfüllt. — Eine solche Vorrichtung findet sich an jedem zu medizinischen Zwecken verwendeten Apparat.

Fig. 3.



Galvanische Batterie. — MK = menschl. Körper.

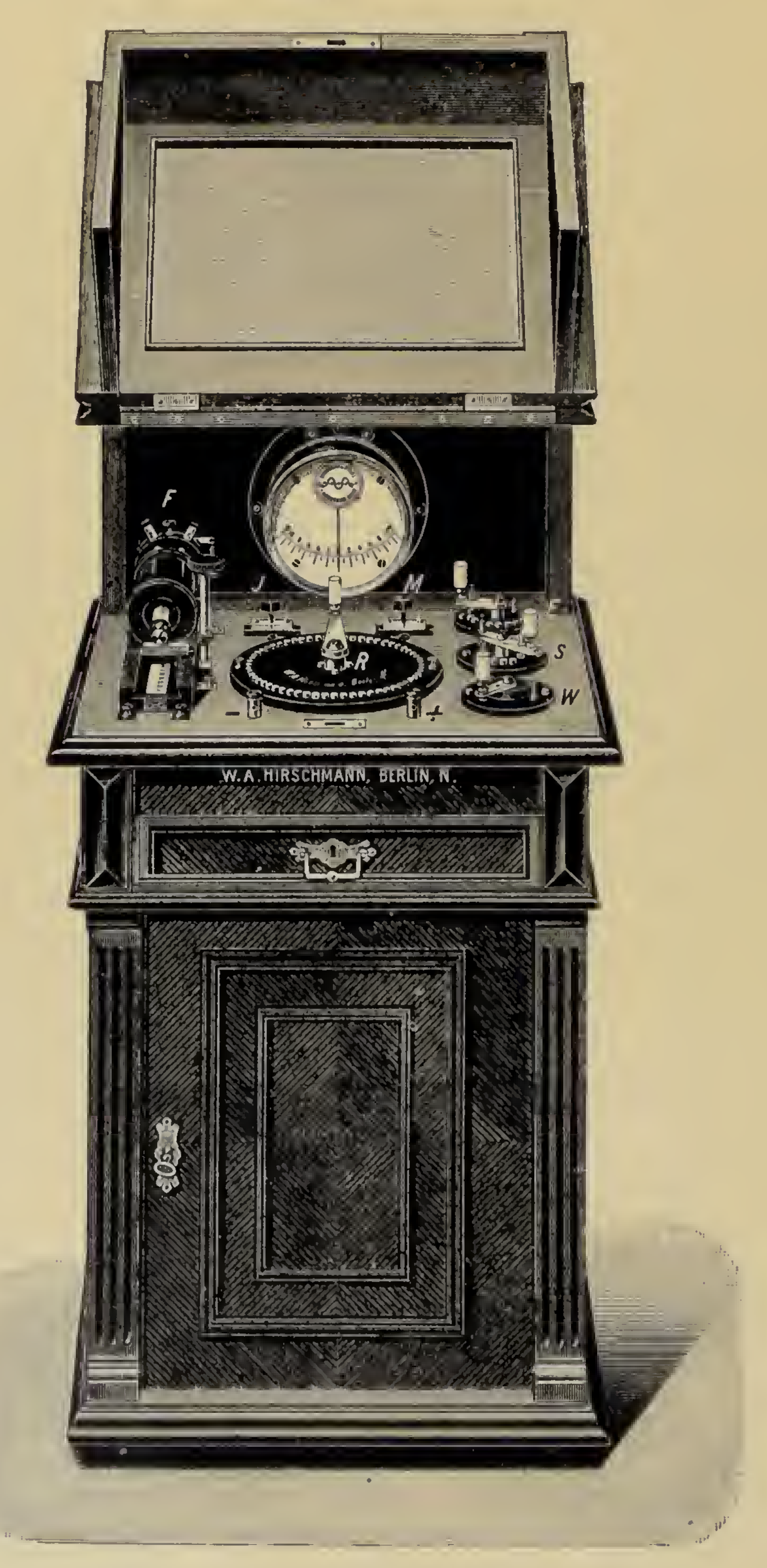
Betrachten wir den hier (Fig. 4 S. 4) abgebildeten stationären Apparat**), so ist an ihm folgendes zu bemerken: Im Kasten befindet sich eine größere Anzahl (etwa 30 bis 50) Zink-Kohle-Elemente einer bestimmten (später näher zu besprechenden) Konstruktion. Dieselben sind in der oben erwähnten Weise untereinander verbunden, und vom Kohlepol des ersten Elements geht unter der Apparatplatte eine metallische Verbindung zu einer mit + bezeichneten Schraube (Polklemme) der Platte (Anode der Batterie), vom Zinkpol des letzten Elements eine

*) „Ungleichnamige Verbindung" oder „Hintereinanderschaltung" der Elemente.

**) Bei der wachsenden Verbreitung der Elektrizitäts-Zentralen zu Beleuchtungs- und anderen Zwecken sind in den letzten Jahren die von Batterien getriebenen, besonders die stationären Apparate durch diejenigen, die an Zentralen angeschlossen sind (Näheres über diese vgl. Kapitel 9), in erster Reihe durch die rollbaren kastenförmigen Apparate, fast völlig — und zwar nicht immer mit Recht — verdrängt worden. Wenn hier trotzdem, wie in den früheren Auflagen dieses Buches, ein Batterie-Apparat, überdies einer, der in der hier beschriebenen Ausführung aus äußeren Gründen kaum noch käuflich ist, als Grundlage für die Darstellung gewählt wird, so geschieht das darum, weil nach meiner didaktischen Erfahrung die wenigen zum Verständnis unerläßlichen physikalischen Erläuterungen sich an der Hand eines Batterie-Apparates wegen der einfacheren Struktur der Stromquelle leichter begreifen lassen. Einen stationären Apparat ziehe ich zu Demonstrationszwecken darum vor, weil die Reguliervorrichtungen an einem solchen vollkommener und sinnfälliger zu sein pflegen als selbst an den besten transportablen Apparaten.

ebensolche zu einer mit — bezeichneten Polklemme (Kathode der Batterie). Von den beiden Klemmen setzt sich der Schließungsbogen der Batterie in den beiden Leitungsschnüren (mit Seide be-

Fig. 4.



sponnenen Kupferdrähten, die auch wohl noch mit isolierenden Kautschukschläuchen umhüllt sind) fort bis zu den — mit Handhaben versehenen — Elektroden*).

*) Die Schnüre oder Kautschukschläuche hat man, um auch fern vom Apparat unterscheiden zu können, in welcher Richtung der Strom fließt, mit ver-

Setzt man jetzt die Elektroden (aus später zu erwähnenden Gründen mit warmem Wasser durchtränkt) auf den menschlichen Körper, so muß der Strom der Batterie den Körper in der Richtung von der Anode zur Kathode durchfließen.

Nun befindet sich auf dem Tisch eine Vorrichtung, die es ermöglicht, bald den gesamten Batteriestrom, bald nur den von einer

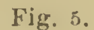
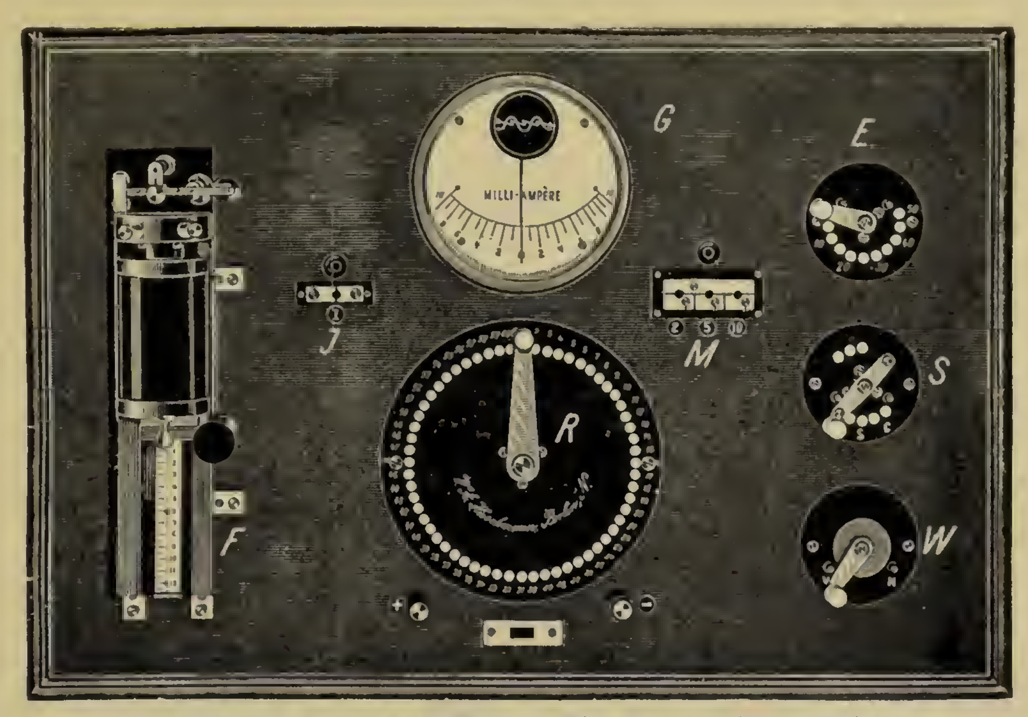


Fig. 5.



Die Platte des Apparat-Tisches, Fig. 4, von oben gesehen.
G = Galvanometer, R = Rheostat, E = Elementenzähler, J = Klötzchen mit Stöpsel zur Einschaltung des Induktionsapparats, F = faradischer (oder Induktions-)Apparat, W = Stromwender, S = Stromwechsler, M = Multiplikator für das Galvanometer.

mehr oder weniger großen Anzahl von Elementen gelieferten durch den Körper zu schicken. Das ist der in der Fig. 4 und 5 mit E bezeichnete Elementenzähler. Wenn die Kurbel dieses Zählers auf Null steht, so ist der Stromkreis offen, und es geht kein Strom durch den Schließungsbogen. Wenn die Kurbel auf die mit 10, 20, 30 usw. (an anderen Apparaten mit 5, 10, 15 usw.) bezeichneten Kontakte geschoben wird, so wird — bewirkt durch eine einfache Schaltvorrichtung unter dem Tische — der von resp. 10, 20, 30 usw. Elementen gelieferte Strom hindurchgeleitet und so eine allmähliche Stromverstärkung resp. -abschwächung herbeigeführt.

Anm. An manchen Apparaten kann man, wie später auszuführen sein wird, die Abstufung noch feiner, nämlich von Element zu Element, vor- und zurückschreitend, vornehmen, was aber, wie bald zu erwähnen, für praktische Zwecke in der Regel unnötig ist.

Beim Durchgehen des sich allmählich verstärkenden Stromes durch den Körper empfindet man ein nach und nach bis zur Schmerzhaftigkeit sich steigerndes Brennen in der Haut.

---

schiedener Färbung — rot und schwarz oder rot und grün — versehen. Schnüre und Elektroden fehlen in der Figur.

Das Galvanometer.

Gleichzeitig sieht man an dem mit G bezeichneten Apparat — dem absoluten Galvanometer — eine Magnetnadel sich bewegen, welche um so weiter ausschlägt, eine je größere Anzahl Elemente eingeschaltet wird. Die Nadel bewegt sich an einer Skala entlang, von einem in der Mitte dieser Skala befindlichen Nullpunkt an, und zeigt an empirischer Graduierung in einem konventionell festgesetzten Einheitsmaß (Milli-Ampère) die Stärke des im menschlichen Körper vorhandenen Stromes an.

Es drängt sich da zunächst die Frage auf: Ist denn ein solcher Meßapparat überhaupt notwendig? Reicht es nicht zur Erkennung der im Körper vorhandenen Stromstärke aus, die Anzahl der eingeschalteten Elemente zu kennen? Kann man nicht sagen: im Körper fließt der Strom von 10, 20, 30 Elementen?

Das wäre durchaus ungenau: der Strom im Körper, an der zu behandelnden resp. zu untersuchenden Stelle, z. B. am erregbarsten Punkte eines Muskels oder Nerven, hat in der Tat nicht dieselbe Intensität wie in dem Moment, wo er im Elemente entsteht. Auf dem Wege vom Element bis zum Muskel büßt er an Stärke ein durch Widerstände, die sich ihm entgegenstellen, und zwar 1. durch Widerstände im Element selbst (wesentlicher Widerstand), 2. durch den Widerstand des Schließungsbogens einschließlich des menschlichen Körpers (außerwesentlicher Widerstand). Die Stromstärke im Körper (J = Intensität) ist also zwar ceteris paribus um so größer, je größer die Anzahl der eingeschalteten Elemente (die elektromotorische Kraft E) ist; sie ist aber außerdem abhängig von der Größe des Widerstandes (W) und wird um so kleiner, je größer der Widerstand ist, und umgekehrt: das ist das wichtige erste Ohmsche Gesetz, das Alpha und Omega der Elektrodiagnostik: $J = \frac{E}{W}$, die Stromstärke ist gleich der elektromotorischen Kraft, dividiert durch den Widerstand.

Wenn man demnach wissen will, wie groß der Strom im Körper ist, so genügt es nicht zu wissen, wie groß die Anzahl der eingeschalteten Elemente ist, sondern man müßte noch mit besonderen Methoden den Widerstand des Körpers feststellen, um den Bruch $\frac{E}{W}$ berechnen zu können. Oder aber — und das ist der bequeme Weg, den wir dank dem absoluten Galvanometer einschlagen können, — wir vernachlässigen die rechte Seite der Gleichung völlig und beantworten uns die Frage nach der Größe der Stromintensität J, indem wir dieses J direkt am Galvanometer in Milli-Ampères (**MA**) ablesen.*) Es

*) 1 Milli-Ampère = $^1/_{1000}$ Ampère.

1 Ampère (konventionelles Einheitsmaß für die Stromstärke J) ist $= \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}}$.

1 Volt (konvent. Einheitsmaß für die elektromotorische Kraft) = $^9/_{10}$ eines frischgefüllten Daniell-Elements und = der Elektrizitätsmenge, die in einer Sekunde (bei 0° und 760 mm Druck) 0,1146 ccm H elektrolytisch frei macht.

1 Ohm (konvent. Einheitsmaß für den Widerstand) ist gleich dem Widerstand einer Quecksilbersäule von 1,06 m Länge und 1 qmm Querschnitt bei 0°.

ist also falsch zu sagen: im Körper fließt ein Strom in der Stärke von soundso vielen Elementen; man darf vielmehr nur sagen: die Stromstärke im Körper beträgt soundso viel MA.*)

Da, um eine bestimmte Stromstärke zu erhalten, nach dem Ohmschen Gesetz eine um so größere elektromotorische Kraft erforderlich ist, je größer der Widerstand wird, ist es natürlich von großer Bedeutung, die allgemeinen Widerstandsverhältnisse kennen zu lernen. (Näheres darüber im 6. Kapitel.)

Der Widerstand.

Während der Widerstand im Element unbedeutend und in guten Apparaten ziemlich konstant, der W im metallischen Schließungsbogen zwar nicht unerheblich, jedoch — wie bald auszuführen sein wird — willkürlich regulierbar ist, ist der Widerstand, den der menschliche Körper dem Strom bietet, sehr beträchtlich und zahlreichen Veränderungen unterworfen. Und von den Geweben und Organen des Körpers ist es wieder eins, dessen Widerstand ganz besonders groß und für unsere Stromanwendung ausschlaggebend ist: das ist die Haut, und zwar vor allem ihre oberflächlichsten Schichten. Der Widerstand der Haut gegen den Strom ist so groß, daß ihm gegenüber die Widerstände der übrigen Körpergewebe, die der Stromquelle (Element, Batterie usw.) und die des metallischen Schließungsbogens praktisch außer Betracht bleiben können.

Der Hautwiderstand ist an verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Zeiten wechselnd**). Den größten Widerstand für den galvanischen Strom bietet trockene Haut. Trockene Elektroden, auf trockene Haut gesetzt, bieten selbst stärksten galvanischen Strömen einen fast absoluten Widerstand. Sie wirken höchstens auf die Oberfläche, die Haut können sie nicht durchdringen. Deshalb muß man die Elektroden (oder die Haut oder beides) durchfeuchten, wenn man den Strom in die Tiefe dringen lassen will. —

Hautstellen, die meistens unbedeckt getragen werden, und die eine dickere Epidermis oder Haare haben, bieten größeren Widerstand als andere. An Stellen, wo zahlreiche Schweißdrüsen-Ausführungsgänge, durch welche der Strom hineinschlüpfen kann, oder leere Haarbälge sind, ist der Widerstand geringer. Namentlich ist von Wichtigkeit, daß während der Zeit, in der ein Strom durch den Körper fließt, durch die Einwirkung des Stromes selbst der Widerstand der Haut herabgesetzt wird. Man sieht nämlich, wenn man z. B. einen

*) Über eine Einschränkung der Gültigkeit des Ohmschen Gesetzes und eine dementsprechend veränderte Meßmethode s. 56 Fußnote.

**) Es ist für die Berechnung der Stromstärke — das geht aus dem Obigen hervor — ziemlich gleichgültig, ob die Pole (Elektroden) am Körper näher beieinander stehen oder weiter voneinander entfernt sind. Nur die Beschaffenheit der Haut an den beiden Stellen, wo die Elektroden aufsitzen, kommt in Betracht: die Haut bietet einen zwar in der Größe wechselnden, aber immer relativ so bedeutenden Widerstand, daß gegenüber der Notwendigkeit für den Strom, auf dem Wege von einer Elektrode zur andern zweimal die Haut zu durchdringen, die Widerstände der sämtlichen übrigen auf dem Wege liegenden Körpergewebe relativ leicht überwindbar sind und praktisch nicht in Rechnung kommen.

Teil des eigenen Körpers (die Hand oder dgl.) in den Strom einschaltet, daß die Galvanometernadel, die zuerst z. B. 2 MA Stromstärke angezeigt hatte, schon nach kurzer Dauer der Durchströmung einen größeren Ausschlag gemacht hat und nunmehr 3 oder 4 MA zeigt. J ist größer geworden, (nicht weil etwa E größer geworden wäre. sondern) weil W kleiner geworden ist. Dieses Sinken des Widerstandes geht natürlich nur bis zu einer bestimmten Grenze (konstantes Widerstandsminimum). Je stärker die Ströme sind, um so rascher sinkt im allgemeinen der Widerstand. Bei Greisen (und auch bei Kindern) ist der anfängliche Widerstand häufig sehr groß und tritt nachher während der Durchströmung ein erhebliches Sinken ein (s. das Kapitel „Leitungswiderstand"). Selbst psychische, namentlich affektbetonte oder aktuelle Reize können den Leitungswiderstand beeinflussen (Veraguth's „psychogalvanisches Reflexphänomen") und damit während der Durchströmung ein Ansteigen der Intensität bewirken.

Will man den Widerstand der Haut besonders stark herabsetzen, so kann man außer Durchtränkung mit lauwarmem oder warmem Wasser einen Salzzusatz zum Wasser anwenden*).

Wenn so die beiden Postulate, 1. den Strom allmählich verstärken und 2. die Stromstärke jedesmal feststellen zu können, durch den Elementenzähler einerseits und das Galvanometer**) andererseits erfüllt sind, so bleibt doch noch zu wünschen übrig, daß die Möglichkeit gegeben ist, die Stromstärke noch allmählicher, noch feiner abzustufen, als dies durch Drehen der Zählerkurbel von 10 zu 10 Elementen (oder selbst von Element zu Element) erzielt werden kann. Wenn man z. B., wie dies zu diagnostischen Zwecken notwendig ist, diejenige Stromstärke auffinden will, bei der ein Muskel die erste, eben wahrnehmbare Zuckung — Minimalzuckung — macht, und man schaltete zu diesem Zweck mittels des Elementenzählers Element nach Element in den Stromkreis, so würde man gelegentlich sehen können, daß bei einem Strom, der von z. B. 17 Elementen geliefert wird, eine kräftige (nicht minimale) Zuckung erfolgt, bei einem von 16 Elementen

---

*) Sehr stark widerstandherabsetzend wirken ferner alle sogenannten Stromschwankungen (s. weiter unten): Schließungen, Öffnungen, Wendungen usw. —

**) An den meisten Galvanometern befinden sich ein oder mehrere kleine Nebenapparate, die beiläufig erwähnt sein mögen: bei Meßinstrumenten älterer Konstruktion eine kleine Vorrichtung, durch welche die schwingende Nadel ausgeschaltet oder an jeder beliebigen Stelle fixiert werden kann (bei häufigen Stromschwankungen könnte die Nadel durch zu intensives Hin- und Herschlagen leicht aus ihrem Lager gehoben werden); außerdem bei Apparaten aller, auch neuester Formen eine Multiplikationsvorrichtung, durch die es ermöglicht wird, höhere Stromstärken, als die Skala anzeigt, leicht abzulesen. Näheres Eingehen auf die verschiedenen Konstruktionen dieser kleinen Nebenapparate kann füglich unterbleiben. In Fig. 5 ist das den Multiplikator enthaltende Klötzchen mit M bezeichnet. Es befinden sich dort Nebenschluß-Stöpselungen („Shunts"), bei deren Anwendung der 2fache, bezw. 5- und 10fache Wert von dem, was die Galvanometernadel anzeigt, abgelesen werden muß. Steht also z. B. der Multiplikator-Nebenschluß auf 5 und die Nadel zeigt auf 4, so beträgt die tatsächlich vorhandene Stromstärke nicht 4, sondern $5 \times 4 = 20$ MA.

gelieferten aber noch gar keine Zuckung vorhanden ist. Die Minimalzuckung liegt dann gleichsam dazwischen. Auch für therapeutische Zwecke, z. B. die Galvanisation am Kopfe oder die galvanische Behandlung der Neuralgien, sind die durch das Springen von Element zu Element verursachten „Stromschwankungen“ (s. Näheres im Kapitel „Elektrotherapie. allgemeiner Teil“) absolut zu vermeiden, wie später auszuführen sein wird.

Der Rheostat.

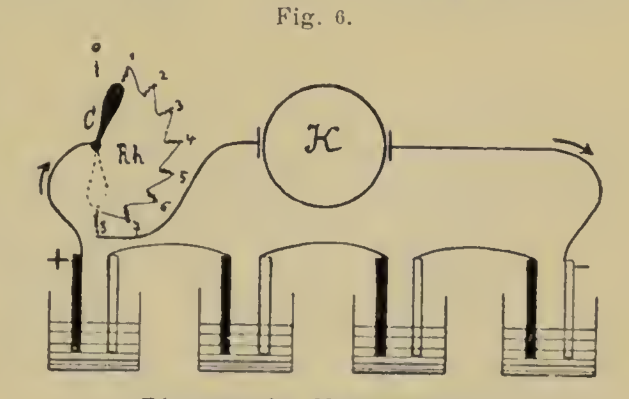
Diesen Übelständen abzuhelfen und eine äußerst feine und allmähliche Abstufung der Stromstärke zu erreichen, dient der auf der Platte (Fig. 5) mit R bezeichnete Rheostat.

Das Prinzip desselben ist etwa das einer in einen Flüssigkeitsstrom (Fluß) niedergelassenen Schleuse, die dem Weiterfließen des Wassers einen Widerstand entgegensetzt und allmählich herausgehoben werden kann: je mehr sie gehoben wird, um so mehr Wasser kann stromabwärts fließen.

Wenn man im Schließungsbogen eines Elements sich Widerstände eingeschaltet denkt — z. B. Neusilber- oder Nickelinröllchen in größerer Zahl —, so daß der Strom sie durchfließen muß, ehe er den menschlichen Körper erreicht, so wird dadurch der Weg für den Strom erschwert, und zwar um so mehr, je mehr Widerstände sich ihm entgegenstellen.

Bei einer gewissen Menge eingeschalteter Widerstände kann überhaupt kein Strom durch den Körper gehen. Wenn die Möglichkeit gegeben ist, allmählich einen Widerstand nach dem andern einzuschalten, so wird nach und nach immer weniger und weniger Strom und umgekehrt bei sukzessiver Ausschaltung der Widerstände immer mehr und mehr Strom den Körper erreichen. Das zu ermöglichen, dient der in Fig. 6 schematisch dargestellte (in Fig. 4 u. 5 bei R abgebildete) Rheostat im Hauptschluß: Unter der Apparatplatte befinden sich Neusilber-, Nickelin- oder Konstantanröllchen, von denen jedes zu einem Kontakt-Knöpfchen auf der Tischplatte führt. Über die Kontakte, die im Kreise angeordnet sind, gleitet eine Kurbel. Wenn die Kurbel (C in der Fig. 6) auf dem ersten Kontakt rechts von 0, also in Fig. 6 auf Kontakt 1 steht*), so sieht man, daß der Strom sämtliche Neusilberröllchen zu durchlaufen hat, ehe er zum Körper gelangen kann: diese Röllchen bieten dem Strom so starke Widerstände, daß bei diesem Kurbelstand kein Strom den Körper erreicht; man mag soviel Elemente (mittels des Elementenzählers) eingeschaltet haben, wie man wolle: die Galvanometernadel bleibt unbeweglich. Dreht man aber jetzt die Kurbel in der Uhrzeigerrichtung**) herum, so bleiben

Fig. 6.



Rheostat im Hauptschluß.
Rh = Rheostat, C = Kurbel, K = menschl. Körper.

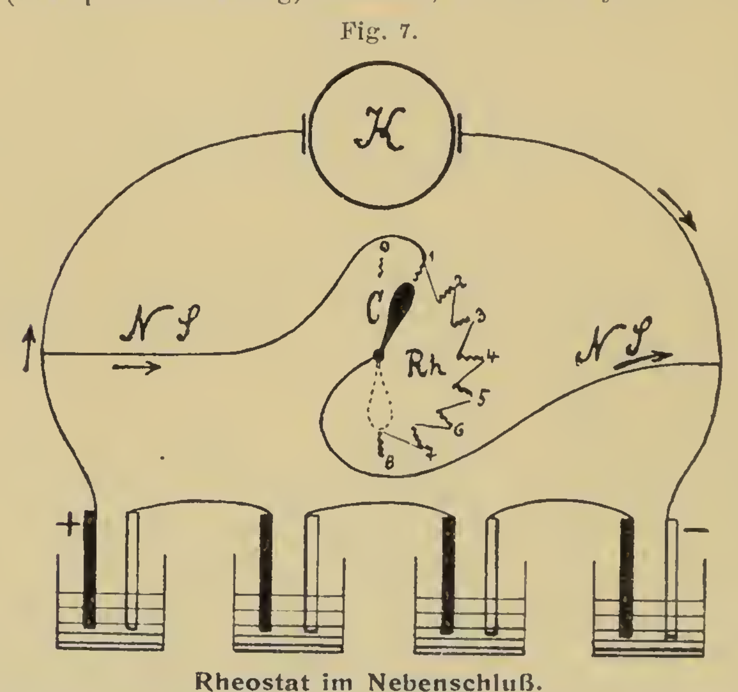
*) Bei Kontakt 0 befindet sich eine Unterbrechung.

**) Bei den verschiedenen Fabrikaten ist die Richtung der Kurbeldrehung verschieden.

immer weniger und weniger Widerstände im Stromkreis eingeschaltet, es werden immer mehr und mehr Widerstände ausgeschaltet, so daß der Weg für den Strom immer freier und freier wird; es kann allmählich mehr und mehr Strom den Körper passieren; und wenn die Kurbel — wie die punktierte Linie in der Fig. 6 — auf dem letzten Widerstande (8 in der Fig. 6) steht, so geht der gesamte Batteriestrom fast ungehindert durch den Körper. Dieses allmähliche Stärkerwerden des Stroms ersieht man daraus, daß sich die Galvanometernadel stetig und langsam vom Nullpunkt fortbewegt.

Anm. Nicht viel komplizierter ist das Prinzip des Rheostaten im Nebenschluß (s. Fig. 7). Wenn man nämlich im Schließungsbogen eines Elements eine zweite Schließung (Nebenschließung) anbringt — NS in Fig. 7 — und der menschliche Körper sich im ersten Schließungsbogen (Hauptschließung) befindet, so könnte jetzt der Strom zwei Wege gehen, durch den Hauptschluß mit dem menschlichen Körper oder durch den Nebenschluß. Nun wählt der Strom regelmäßig den bequemeren Weg, und da der menschliche Körper — wie wir oben sahen — dem Strom starken Widerstand bietet, so wird in dem Moment, in dem am Element oder am Batterie-Schließungsbogen ein metallischer Nebenschluß angebracht ist, fast der gesamte Strom des Elements oder der Batterie den bequemeren Weg durch den Nebenschluß gehen und so gut wie nichts durch den Körper. Nun denke man sich aber, daß auch im Nebenschluß Widerstände sich befinden — z. B. wiederum Neusilberröllchen in größerer Zahl — und zwar so viele, daß die Summe ihrer Widerstände größer ist als der Widerstand des Körpers, dann wird jetzt der Weg für den Strom im Hauptschluß relativ bequemer sein und der gesamte (oder doch annähernd der gesamte) Batteriestrom durch den Körper gehen. Und wenn man nun schließlich die Möglichkeit hat, die Widerstände in den Nebenschluß allmählich, einen nach dem andern, einzuschalten, so wird dadurch für den Strom der Weg im Nebenschluß allmählich immer mehr erschwert, der Weg im Hauptschluß allmählich immer relativ bequemer werden, und es wird nach und nach ein immer geringerer Teil des Batteriestroms durch den Nebenschluß, ein immer größerer durch den Körper gehen. Der Rheostat im Nebenschluß, der nach diesem Prinzip konstruiert ist, ist in Fig. 7 schematisch dargestellt: wenn die Kurbel C des — äußerlich durchaus dem andern Rheostaten gleichenden — Apparates auf Kontakt 1 steht, so bedeutet das (wie aus der Figur leicht ersichtlich), daß im Nebenschluß sich so gut wie gar kein Widerstand befindet; jetzt geht also fast der Gesamtstrom der Batterie durch den Nebenschluß: gleichgültig wie viele Elemente mittels des Elementenzählers in den Stromkreis

Fig. 7.



Rheostat im Nebenschluß.
NS = Nebenschluß, Rh = Rheostat, C = Kurbel, K = menschl. Körper.

eingeschaltet sind, den Körper trifft fast gar kein Strom; die Galvanometernadel zeigt auf 0. Erst wenn man die Kurbel langsam in der Uhrzeigerrichtung herumbewegt, werden nach und nach immer mehr Widerstände in den Nebenschluß eingeschaltet, der Weg für den Strom, wie oben ausgeführt, im Hauptschluß relativ immer bequemer, und es tritt eine ganz allmähliche Steigerung der Stromstärke im Körper ein: die Spitze der Galvanometernadel bewegt sich langsam vom Nullpunkt fort. — Die modernen Batterie-Apparate mit Leclanché-Elementen haben übrigens gewöhnlich der Stromersparnis wegen den Rheostaten im Hauptschluß. Auf ihn soll deshalb im folgenden stets rekurriert werden. Eine zweckmäßige Kombination von Haupt- und Nebenschlußrheostat stellen die sogen. Spannungswähler oder Voltregulatoren dar, wie sie für Anschlußapparate Verwendung finden (vgl. Kapitel 9). Für Batterie-Apparate eignen sie sich des stärkeren Stromverbrauchs wegen nicht.

Wie benutzt man demnach den Rheostaten? Wenn man z. B. diejenige Stromstärke feststellen will, bei der eine Muskel-Minimalzuckung eintritt, so verfahre man in folgender Weise: Man setze die mit warmem Wasser durchtränkten Elektroden über den Muskel auf (Näheres über die Anordnung der Elektroden später), schalte eine beliebige Anzahl von Elementen ein (10, 20 usw.), während die Rheostaten-Kurbel auf 0 zeigt; dann bewege man langsam die Kurbel des Rheostaten an den Kontakten entlang bis zu dem Moment, in dem man bei einer Stromschließung oder -öffnung (s. weiter unten) eine deutliche Zuckung des Muskels wahrnimmt: jetzt blicke man, während der Strom geschlossen bleibt, nach der Galvanometernadel und lese die Stromstärke an der Skala in Milli-Ampères ab.

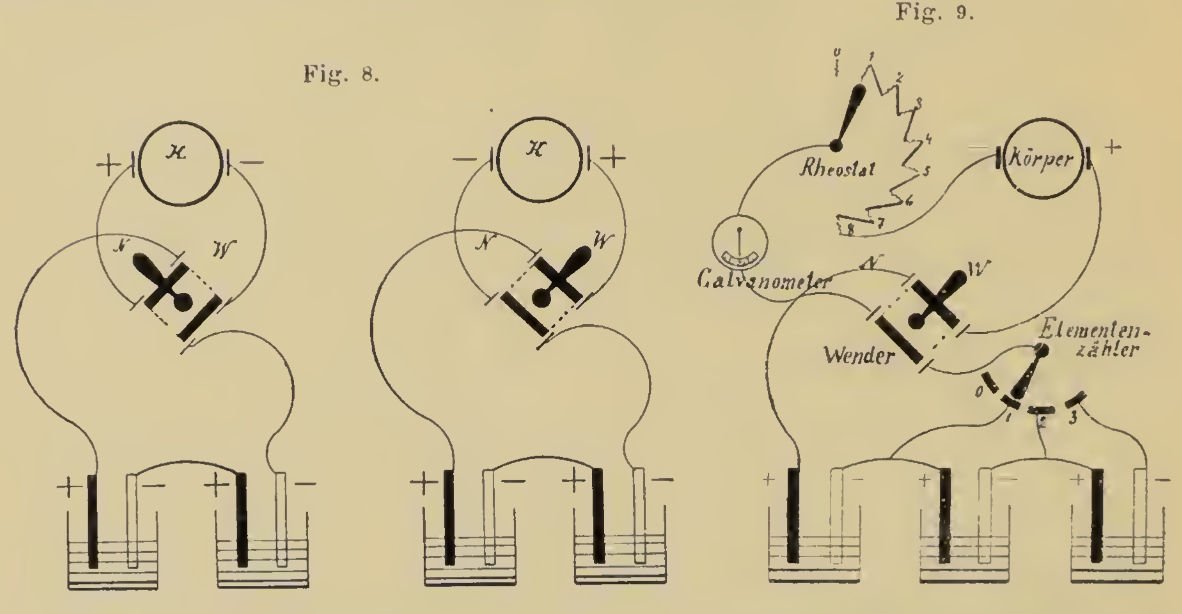
Oder wenn man z. B. eine Kopfgalvanisation zu therapeutischen Zwecken mit einer bestimmten, geringen Stromstärke — etwa 1 MA — vornehmen will, so setze man wiederum die durchfeuchteten Elektroden (in später näher zu besprechender Weise) am Kopfe des Patienten auf, schalte eine beliebige Anzahl von Elementen ein und drehe nun langsam, indem man die Galvanometernadel dauernd beobachtet, so lange die Rheostatenkurbel vom Nullpunkt aus an den Kontakten entlang, bis die Nadel 1 MA anzeigt*).

Der Stromwender.

Noch ein Nebenapparat, der von Wichtigkeit für die Anwendung des galvanischen Stromes ist, muß kurz erwähnt werden: der in Fig. 5 (S. 5) mit W bezeichnete Stromwender. Er dient dazu, die Stromrichtung im Schließungsbogen leicht ändern zu können, ohne die Elektroden zu verrücken, was z. B. für Untersuchungszwecke fast unerläßlich ist. Wenn der Hebel dieses Wenders auf dem Kontakt N — Normalstellung — steht, so zeigt das, daß der Strom in der ursprünglichen Richtung, nämlich von der + Polklemme zur — Polklemme geht; wird der Hebel aber auf W — Wendestellung — bewegt, so ist die + Polklemme zur Kathode, die — Klemme zur Anode geworden, und die Stromrichtung geht von der letzteren zur

*) Es ist infolgedessen nicht von so großer Bedeutung für die Regulierung der Stromstärke, wie viele Elemente eingeschaltet sind: die Regulierung geschieht am Rheostaten, nicht am Elementenzähler. Natürlich kann aber die Abstufung feiner sein, wenn man (z. B. zur Erzielung schwacher Ströme) eine geringe Anzahl Elemente eingeschaltet hat und so den ganzen Rheostaten zur Abstufung ausnutzen kann. S. im übrigen S. 56, Fußnote.

ersteren, also in umgekehrter Richtung*). Bei der Besprechung des Ganges der Untersuchung wird auf diesen Apparat zurückzukommen sein. Das Prinzip seiner technischen Ausführung ist ein sehr einfaches und geht aus der schematischen Figur (Fig. 8) ohne weitere Beschreibung hervor, wobei die schwarz gezeichneten Teile Metallteile, die gestrichelten aber nichtleitende Hartgummistücke darstellen.



Stromwender.
bei Normalstellung (N), bei Wendestellung (W), K = menschl. Körper.

Schema des Stromverlaufs in einem galvanischen Apparat.

In ähnlicher Weise ist mit Hilfe der folgenden Figur (Fig. 9) der Stromverlauf in einem galvanischen Apparat ohne weiteres verständlich:

Der Strom geht aus der Batterie (je nach dem Stande des Elementenzählers der Strom von mehr oder weniger Elementen) durch eine Seite des Stromwenders und dann (bei W-Stellung) zum Körper, zum Rheostaten, zum Galvanometer und durch die andere Seite des Stromwenders und den Elementenzähler zur Batterie zurück (bei N-Stellung tritt eine entsprechende Änderung der Stromrichtung ein).

b) Der faradische Apparat.

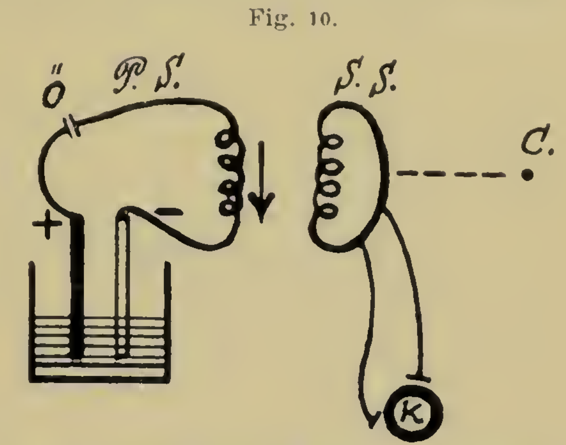
Der Induktionsstrom.

Wir gehen zur Besprechung des faradischen Apparats wieder von dem einfachen galvanischen Element aus, nehmen aber an, daß dessen metallischer Schließungsbogen die Form einer Spirale hat. Spiralen haben, wie unten (S. 13—15) erklärt werden wird, bestimmte besondere elektrophysikalische Eigenschaften. Wenn nun diesem spiralförmigen Schließungsbogen eine zweite Spirale rasch genähert wird, so entsteht — das ist das Gesetz der sog. Induktion — auch in dieser zweiten Spirale im Moment ihrer Näherung ein galvanischer Strom, und wenn die zweite Spirale von dem spiralförmigen Schließungsbogen des galvanischen Elements rasch entfernt

*) Zwischen N und W befindet sich ein Punkt, bei dessen Berührung mit dem Wenderhebel der Strom geöffnet ist. Durch Bewegung am Wender gelingt es also, nach Belieben den Strom zu öffnen oder nach der einen oder andern Richtung zu schließen.

wird, so entsteht wiederum in der zweiten Spirale ein galvanischer Strom. Man nennt den spiralförmigen Schließungsbogen des Elements primäre Spirale (PS in Fig. 10), den zweiten spiralförmigen metallischen Leiter sekundäre Spirale (SS in Fig. 10). Der Strom, der auf diese Weise in der sekundären Spirale entsteht, ist bei der raschen Näherung dem primären galvanischen Strom entgegengesetzt gerichtet, bei der raschen Entfernung ihm gleich gerichtet. Man nennt ihn induzierten, faradischen oder sekundären Strom.

Fig. 10.



PS = primäre Spirale, SS = sekundäre Spirale, Ö = Stelle der Unterbrechung, C = gedachter Rotationspunkt, K = menschl. Körper.

Die rasche Näherung der sekundären an die primäre Spirale und die rasche Entfernung von ihr kann dadurch erzielt werden, daß man die sekundäre Spirale um einen etwa bei C gedachten Punkt rotieren läßt; oder — und das ist bei allen medizinischen Induktionsapparaten der Fall — man läßt die sekundäre Rolle feststehen, bringt aber an irgendeiner Stelle (Ö) im Schließungsbogen der primären Spirale eine Unterbrechungsvorrichtung an und macht hier fortwährende, rasch aufeinander folgende Schließungen und Öffnungen des primären Stroms. Dann wird das etwa gleichkommen einer abwechselnd fortwährenden raschen Näherung der beiden Spiralen aus unendlicher Ferne und raschen Entfernung in unendliche Ferne. Je rascher dieses abwechselnde Stromschließen und -öffnen im spiraligen Schließungsbogen des galvanischen Elements vor sich geht, um so intensiver wird ceteris paribus die Induktionswirkung auf die sekundäre Rolle, in der dann fortwährend abwechselnd zwei Ströme entstehen, deren einer immer dem primären entgegengesetzt, deren zweiter ihm gleichgerichtet ist.

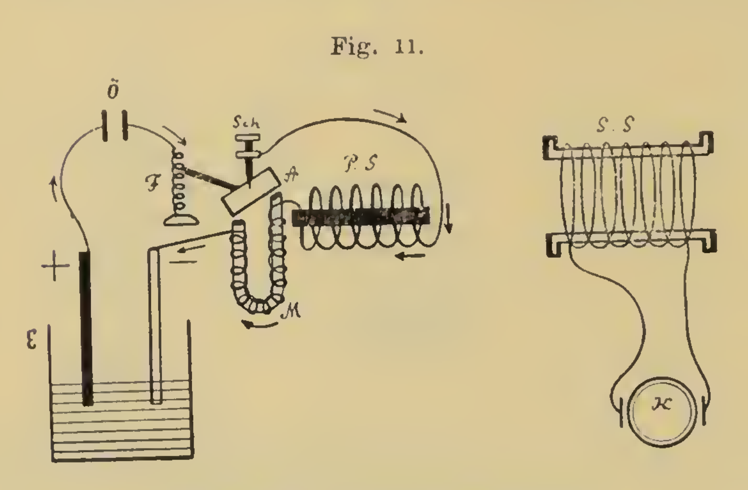
Das rasche, in der Zeiteinheit sehr oft wiederholte Schließen und Öffnen des primären Stroms wird an unseren Induktionsapparaten durch den Wagner-Neefschen Hammer (Fig. 11) hervorgerufen.

Über seine Konstruktion sowie über die des Induktionsapparates überhaupt sei folgendes bemerkt: Von einem oder zwei unter der Apparatplatte befindlichen, gewöhnlichen galvanischen Elementen (E in Fig. 11) wird ein metallischer Schließungsbogen (umsponnener starker Kupferdraht) auf die Tischplatte geleitet und dort spiralig in wenigen Windungen um einen Holzzylinder (primäre Spirale PS) gewickelt. In einer — an größeren Apparaten durch Verschiebung mittels einer Zahnradvorrichtung und einer stehenden Schraube — regulierbaren Entfernung von dieser primären Spirale befindet sich ein zweiter, mit feinerem Draht in vielen Windungen umwickelter Zylinder, der von größerem Querschnitt als der erste und röhrenförmig ausgehöhlt ist, so daß er über die primäre Rolle hinübergeschoben werden kann (sekundäre Spirale SS)*).

*) Je dicker der Draht der primären Spirale und je geringer die Anzahl ihrer Windungen ist, um so geringeren Widerstand setzt sie dem induzierenden galvanischen Strome entgegen, und um so kräftiger wird damit die Induktions-

Nun befindet sich ferner an der primären Rolle (also im Schließungsbogen des Elements) ein Eisenstück (M), das vom Drahte des Schließungsbogens mit umwickelt wird. Über diesem Eisenstück schwebt eine Metallplatte (Anker A), die durch eine an der primären Spirale stehende Feder (F) in dieser schwebenden Lage erhalten wird. — Wenn jetzt der primäre Strom bei Ö in Fig. 11 geschlossen (in der Fig. 5 Seite 5 bei der auf dem Klötzchen bei J befindlichen Öffnung auf der Tischplatte gestöpselt) wird, so entsteht zunächst in dem bis dahin offenen Schließungsbogen (also in der primären Rolle) ein galvanischer Strom. Durch dieses Entstehen des Stromes wird aber gleichzeitig jenes mitumwickelte Eisenstück (M) magnetisch und zieht kräftig die über ihm schwebende Metallplatte (Anker A) an. Dabei löst die Platte jedoch zu gleicher Zeit ihre Verbindung mit einer über ihr stehenden kleinen Schraube (Sch): durch die Lösung dieser Verbindung zwischen Schraube und Platte wird der Stromkreis unterbrochen; und ist das geschehen, so verliert das Eisenstück dadurch seine magnetische Kraft, und die Feder zieht durch ihre Federkraft die Metallplatte A an ihre Seite hernieder und vom früher magnetischen Eisenstück fort. Dadurch kommt die Platte aber wieder mit der Schraube in Berührung, der Stromkreis ist wieder geschlossen, das Eisenstück wird wieder magnetisch usw. —

Fig. 11.



Schema des Induktionsapparats.
E = Element, Ö = Öffnung im primären Stromkreise zum Ein- und Ausschalten (entspricht der verschließbaren Öffnung bei J in Fig. 4 und 5), F = Feder, Sch = Schraube, A = Anker, M = magnetisches Eisenstück des Hammers, PS = primäre Spirale, SS = sekundäre Spirale, K = menschl. Körper.

Dieses Spiel des Hammers, das außerordentlich rasch, vielmals innerhalb einer Sekunde, vor sich geht und das bekannte „surrende“ Geräusch des faradischen Apparats hervorruft, sobald man (in Fig. 5 durch Stöpselung auf dem Klötzchen bei J) den Strom schließt, bewirkt also vielmals in der Sekunde ein abwechselndes Entstehen zweier entgegengesetzt gerichteter Ströme in der sekundären Rolle (Wechselströme), die von dieser aus abgeleitet und dem menschlichen Körper zugeführt werden können.

An allen Apparaten ist, wie gesagt wurde, die sekundäre Rolle (die eine Röhrenform hat), über die zylindrische primäre Rolle verschieblich, hinüberstülpbar: je weiter sie von der primären entfernt steht, um so geringer ist die Induktionswirkung; letztere wird am größten, wenn die sekundäre Rolle die primäre völlig umhüllt, wenn also der „Rollenabstand“ (**RA**) — an einer auf dem Tisch angebrachten Millimeter-Skala ablesbar — gleich 0 ist.

---

wirkung, die dieser auf die sekundäre Spirale ausübt. Die Sekundärrolle dagegen muß umgekehrt zahlreiche Drahtwindungen enthalten, weil nach Faradays Gesetz die Größe der Induktionswirkung von der Länge des sekundären Stromkreises abhängt. Der Widerstand spielt bei der Sekundärrolle, die ja die Stromquelle für den menschlichen Körper darstellt, darum keine große Rolle, weil — wie schon oben S. 7 erwähnt — die Widerstände des Körpers so groß sind, daß die in der Stromquelle selbst gelegenen dagegen gar nicht in Betracht kommen. Der Draht der Sekundärrolle kann also ohne Schaden für die Wirkung dünn sein.

Was wir an der Skala in Millimetern RA ablesen, ist — wie leicht ersichtlich — nicht die Stromstärke J des sekundären Stromes, da wir den Widerstand W ja nicht kennen, und ein absoluter Meßapparat, an dem man J ablesen könnte — wie für den galvanischen Strom am absoluten Galvanometer — hier nicht existiert. — Der Körper- und besonders der Hautwiderstand spielt zwar nachgewiesenermaßen für den faradischen Strom bei weitem keine so große Rolle wie für den galvanischen Strom. Aber selbst für die Berechnung der elektromotorischen Kraft E des Apparats allein wäre es von Nutzen, eine Vorrichtung zu haben, die es ermöglichte, diese Kraft (oder „Spannung") in einer Einheitszahl, z. B. in Volts, direkt ablesen zu können, um die Resultate an verschiedenen Apparaten oder zu verschiedenen Zeiten an demselben Apparate miteinander vergleichen zu dürfen, was bei der Konstruktionsdifferenz der einzelnen Apparate und der Verschiedenheit im Füllungszustande der Elemente ohne eine solche Vorrichtung nicht angängig ist. Nach diesem Prinzip sind die sog. Faradimeter konstruiert; sie haben sich aber ebensowenig eingebürgert, wie es voraussichtlich dem nach tierphysiologischer Wirkung geeichten Apparate Wertheim-Salomonsons glücken dürfte. Vielleicht gelingt es einem von Hoorweg erfundenen Apparat, der (ebenso wie beim galvanischen Strom) ein Ablesen der Stromintensität durch Ablenkung einer Magnetnadel ermöglichen soll. Besondere Beachtung verdient wegen ihrer Einfachheit die Methode Kurellas, der durch einen Rheostaten den primären Strom reguliert und dessen Intensität an einem Galvanometer abliest: durch permanentes Balancieren der Stärke dieses primären Stromes ist auch dessen Wirkung auf die sekundäre Spirale immer konstant, und dann kann der Rollenabstand bei feststehender Primärstrom-Intensität in der Tat als absolutes Maß angesehen werden.

Ein in die primäre Spirale eingesteckter „Eisenkern", der durch den primären Strom magnetisch wird, dient dazu, die Stärke (sog. Feldstärke) des primären Stroms und darum auch dessen Induktionswirkung auf den sekundären zu steigern: wenn er herausgezogen wird, ist sowohl der primäre als auch der induzierte Strom schwächer; je weiter er hineingeschoben wird, um so stärker werden beide Ströme.

Die Stärke — oder richtiger: die elektromotorische Kraft (s. oben) — eines Induktionsstromes hängt also von folgenden Faktoren ab:

1. von der Länge des sekundären Stromkreises (s. S. 14 Fußnote), d. h. von der Windungszahl der Sekundärrolle; dieser Faktor ist in der Konstruktion des Apparats begründet und am fertigen Apparate nicht mehr regulierbar (vgl. übrigens weiter unten, Kapitel 11);

2. wie eben erwähnt wurde, von der „Feldstärke" des primären Stroms; sie wird mittels des Eisenkerns reguliert;

3. vom Abstand der beiden Rollen — s. oben S. 14;

4. kommt dazu nach den hier nicht näher zu besprechenden Faradayschen Gesetzen noch die Frequenz der Unterbrechungen. Über Vorrichtungen zu deren Regulierung vgl. Kapitel 9. Ein kleiner Apparat zur Erzielung von Induktions-Einzelschlägen ist u. a. von E. Remak angegeben worden.

Dadurch, daß die Ströme in der sekundären Spirale fortwährend und in der Zeiteinheit sehr oft ihre Richtung wechseln, wechseln natürlich auch die Pole fortwährend ihre Lage: was im ersten Bruchteil einer Sekunde Anode ist, wird im nächsten schon wieder Kathode. Man kann demnach eigentlich von einer faradischen Anode und Kathode, wie man sie beim konstanten Strom unterscheidet, nicht sprechen und braucht sie tatsächlich in der therapeutischen Praxis gewöhnlich ohne Unterschied.

De facto besteht aber doch ein Unterschied auch zwischen den faradischen Polen, und zwar aus folgendem Grunde:

Ebenso nämlich, wie die primäre Spirale auf die sekundäre eine Induktionswirkung ausübt, üben auch die einzelnen Windungen der primären

Spirale aufeinander selbst eine Induktionswirkung aus (Selbstinduktion); es entsteht demnach in der primären Spirale selbst bei jeder der momentanen, durch den Wagnerschen Hammer herbeigeführten Schließungen und Öffnungen jedesmal ein Strom, Extrakurrent genannt. Und wie bei dem Strom der sekundären Rolle, so ist auch bei diesem Extrastrom der primären Rolle die Stromrichtung bei jeder momentanen Schliessung der des primären Stroms entgegengesetzt, bei jeder momentanen Öffnung der des primären Stroms gleich. Bei jeder momentanen Schließung entstehen also in der primären Rolle immer zwei Ströme — 1. der primäre, 2. der Extrakurrent — gleichzeitig, die einander entgegengesetzt gerichtet sind; durch die entgegengesetzte Richtung aber schwächt und verzögert der Extrastrom den primären, und darum ist auch bei der momentanen Schließung die Induktionswirkung der primären Rolle auf die sekundäre und demgemäß auch der sekundäre Strom selbst verhältnismäßig schwach. Bei der momentanen Öffnung hingegen verschwindet zwar durch die Öffnung jedesmal der primäre Strom; es entsteht aber in dieser Phase ein kräftiger, durch nichts in der Kraftentfaltung gehinderter Extrakurrent, der dieselbe Richtung hat wie der verschwindende primäre und wie der durch dessen Verschwinden erzeugte sekundäre Strom: darum wird auch bei jeder momentanen Öffnung die Induktionswirkung auf die sekundäre Rolle sowie der sekundäre faradische Strom selbst sehr kräftig. Wenn diese Kraftunterschiede zwischen dem Öffnungs- und Schließungsstrom groß genug sind — und das ist bei unseren Apparaten gewöhnlich der Fall —, so können wir für praktische Zwecke den schwachen Schließungsstrom gänzlich ignorieren und uns den induzierten Strom gewissermaßen als aus einer Serie von Öffnungsströmen zusammengesetzt denken. Und diese Öffnungsströme haben, wie wir eben gesehen, alle eine Richtung — nämlich dieselbe wie der primäre Strom —; und darum können wir, wenn wir diese Annahme einer einzigen Stromrichtung festhalten, dann gleichsam auch wieder eine Anode und Kathode des faradischen Stromes unterscheiden; wir meinen damit die Anode und Kathode, wie sie liegen würden, wenn der faradische Strom tatsächlich nichts als eine lückenlose Serie von Öffnungsströmen wäre. Wir werden später sehen, daß diese Unterschiede zwischen den faradischen Polen praktisch sich gelegentlich erheblich bemerkbar machen. — Ganz andere Struktur haben, wie im 12. Kapitel gezeigt werden wird, Induktionsströme, die nicht aus Primärrollen, sondern aus anderen — selbstinduktionsfreien — Stromquellen gewonnen werden: die sog. Sinusoïdalströme.

An den meisten Apparaten kann man übrigens auch den Extrakurrent — oder „primären Induktionsstrom“, wie er genannt wird — direkt ableiten. Da er im Moment der Schließung durch den (stärkeren) Hauptstrom unwirksam gemacht wird, besteht er nur aus gleichgerichteten (Öffnungs-)Stromstößen. Man verstärkt ihn durch sukzessives Einschieben des Eisenkerns (s. oben) resp. durch Herausziehen der Sekundärrolle, letzteres also umgekehrt wie beim gewöhnlichen, „sekundären“ Induktionsstrom. Weil er nämlich gewissermaßen immer einen Teil seiner Kraft an die sekundäre Rolle abgeben muß, so wird er am stärksten, je mehr Kraft er sparen kann, d. h. je weiter die sekundäre Rolle von der primären entfernt wird, und am schwächsten, wenn sie ihr bis zum Extrem genähert, also der Rollenabstand gleich 0 ist.

Der Stromwechsler.

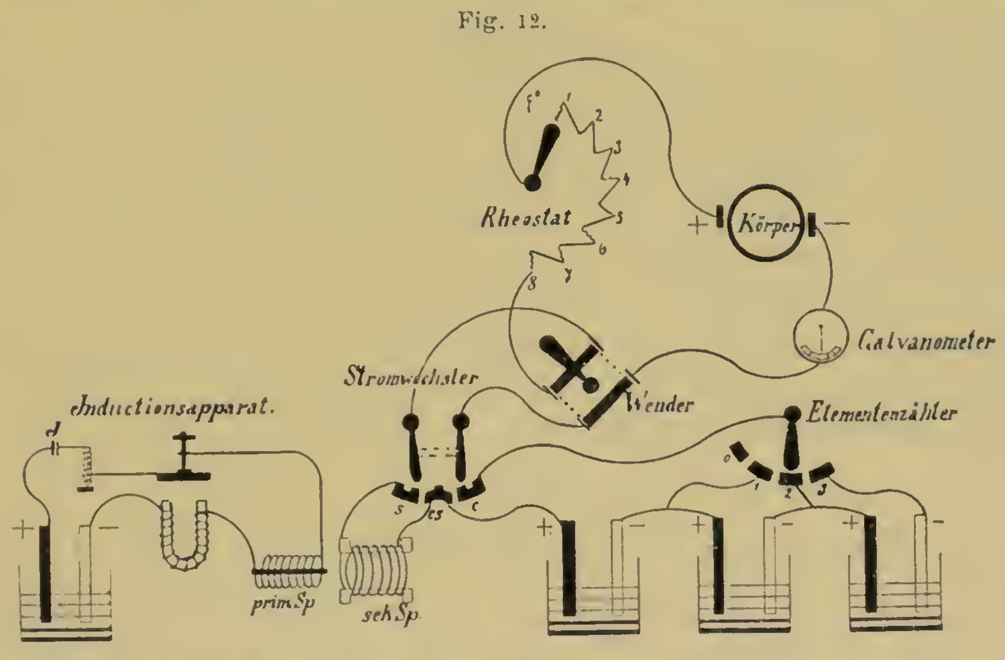
An allen stationären und an manchen transportablen Apparaten befindet sich noch eine Vorrichtung, zu deren Erklärung wenige Worte hinreichen: es ist der nach de Wattevilles Angabe konstruierte Stromwechsler (S in Fig. 5).

Es ist für Untersuchungs- und Behandlungszwecke sehr wünschenswert, daß man von demselben Polklemmenpaar, von dem man den galvanischen Strom durch die Leitungsschnüre und die Elektroden in

den Körper führt, auch kurz danach oder gleichzeitig den faradischen Strom (auf demselben Wege) in den Körper führen kann.

Das kann man mit Hilfe des Stromwechslers tun, wenn man seine Kurbel, die gewöhnlich auf dem für den konstanten Strom bestimmten Kontakt (C in Fig. 5) stehen soll, auf den für den sekundären Strom bestimmten (S in Fig. 5) verschiebt. Wenn man jetzt (in dem Apparate Fig. 5 und 12 durch Stöpselung bei J) den Stromkreis des primären faradischen Stromes schließt, so kann man von denselben Polklemmen, die vorher den konstanten Strom leiteten, jetzt den induzierten Strom ableiten. Nun ist bei den großen

Fig. 12.



Schematisches Beispiel für den Stromverlauf (Schaltungsschema) in einem Apparat für konstanten und induzierten Strom.

Die Anordnung der einzelnen Teile ist in diesem Schema der größeren Übersicht wegen etwas anders als in den Fig. 4 u. 5. Die Figur stellt eine Kombination der Fig. 9 u. 11 vor. Sie zeigt rechts die Teile eines galvanischen Apparats, nur ein wenig anders geordnet als in Fig. 9, links die eines Induktionsapparats und läßt den Stromverlauf erkennen. In der Mitte der Figur ist der de Wattevillesche Stromwechsler (s. den Text) zu erkennen.

Man sieht, wie durch Schieben der Wechslerkurbel auf C der galvanische Strom, durch Schieben auf S der Strom der sekundären Spirale, durch Schieben auf CS beide gleichzeitig durch den Körper geleitet werden können.

Man sieht auch, daß beide Ströme — sowohl der konstante als der sekundäre —, ehe sie zum Körper gelangen, den Stromwender und den Rheostaten passieren müssen.

Bei J denke man sich ein Klötzchen mit einer durch Stöpsel (vgl. Fig. 5 u. 11) oder in anderer Weise (Kurbel) verschließbaren Öffnung. Durch Verschluß der Öffnung wird auch der primäre Stromkreis geschlossen und der Neefsche Hammer in Tätigkeit gesetzt.

stationären Apparaten, wie z. B. auf dem hier in Fig. 4 und 5 und im Schema Fig. 12 abgebildeten, der Rheostat gewöhnlich so geschaltet, daß er außer der Abstufung des galvanischen Stromes auch die des faradischen besorgen kann, die wir ja sonst im allgemeinen mit Hilfe der Spiralenverschiebung sowie mittels des Eisenkerns in hinreichend genauer Weise vorzunehmen pflegen. Man kann also, wenn man die Stärke des faradischen Stroms bei dieser Stellung des Stromwechslers abstufen will, in zweifacher Weise verfahren: entweder man stellt einen beliebig großen RA her und schaltet dann, wie beim galvanischen Strom, durch Drehen der Rheostatenkurbel allmählich die

Widerstände aus, wobei immer mehr und mehr Strom durch den Körper geht; oder — und das ist meistens das bequemste — man schaltet den Rheostaten durch völliges Umdrehen seiner Kurbel sofort gänzlich aus, so daß jetzt sogleich der gesamte Strom des faradischen Apparats den Körper treffen kann, und reguliert die Stärke dieses Stroms wie sonst durch Verschiebung der sekundären Rolle über die primäre resp. durch Benutzung des Eisenkerns: die jedesmal benutzte Stärke des faradischen Stroms liest man dann an der graduierten Skala, wie erwähnt, in Millimetern RA ab. Man nimmt also, wenn man mittels des Stromwechslers von dem Polklemmenpaar des galvanischen Apparats den faradischen Strom ableiten will, folgende Handgriffe vor: 1. Umstellen der Wechslerkurbel (auf dem in Fig. 4, 5 und 12 abgebildeten Apparat von C auf S), 2. Ausschalten des (Hauptschluß-) Rheostaten (durch Drehen der Kurbel bis zum letzten Kontakt), 3. Schließen des primären Hauptstroms (in Fig. 5 durch Stöpseln auf dem Klötzchen) und Regulieren der Stromstärke durch Rollenverschiebung.

Der Kontakt CS des Wechslers in Fig. 5 und 12 ermöglicht gleichzeitige Ableitung des faradischen und galvanischen (kombinierten) Stroms von demselben Polklemmenpaar. Näheres darüber bei der Besprechung der Therapie. Vgl. auch Fig. 53 und 54.

Die Dichtigkeit.

Wir müssen noch einmal auf das Ohmsche Gesetz zurückkommen: $J = \frac{E}{W}$. Die Stromstärke des galvanischen Stroms im Körper müssen wir jedesmal feststellen können; und das tun wir, indem wir sie direkt an dem Galvanometer ablesen. — Aber die Frage, die für unsere diagnostischen und therapeutischen Zwecke interessiert, ist tatsächlich in der Regel nicht die nach der Stärke des Stroms, der den Körper durchfließt; wir wollen vielmehr vor allem wissen: wie groß ist die Wirkung, die der Strom im konkreten Falle an einer bestimmten Stelle des Körpers ausübt, d. h. in der Diagnostik vorwiegend die Reizwirkung auf den erregbarsten Punkt eines Muskels, — in der Therapie die Heilwirkung, z. B. die erregbarkeitsherabsetzende Wirkung auf einen neuralgischen Schmerzpunkt u. dergl.? — Diese Wirkungen hängen aber offenbar nicht von der Stromstärke allein ab, sondern von der Konzentration, von der Dichtigkeit, mit der ein Strom bestimmter Stärke den betreffenden Punkt trifft. Denken wir uns beispielsweise einen Strom von einer bestimmten Stärke, 3 MA, durch den Körper in der Weise gehend, daß er zwei plattenförmige Elektroden von 100 qcm Querschnitt passiert: die eine dieser Elektroden möge auf dem Sternum sitzen und die andere z. B. auf dem Daumenballen einer Hand, deren Muskeln wir untersuchen wollen. Nun hat der galvanische Strom bekanntlich die Neigung, in guten Elektrizitätsleitern sich auszubreiten: wir können ihn uns aus parallellaufenden Stromfäden zusammengesetzt denken. Diese Fäden

liegen im metallischen Schließungsbogen des Elements oder der Batterie sehr dicht gepreßt nebeneinander. In der breiten Elektrode, in der sie gleichsam Platz bekommen, breiten sie sich nach allen Richtungen hin aus. Da nun die Elektrodenfläche von 100 qcm viel größer ist als die Fläche des Daumenballens, so wird von jenen — hypothetischen — Stromfäden nur ein (mehr oder weniger großer) Bruchteil den erregbarsten Punkt des betreffenden Daumenballenmuskels erreichen. Anders, wenn ich zwar die große Platte auf dem Sternum sitzen lasse, aber eine ganz kleinflächige Elektrode, also z. B. eine von 3 qcm Querschnitt, auf den Daumenballen setze: dann treffen die Stromfäden sämtlich oder doch fast sämtlich den erregbarsten Muskelpunkt. Der Effekt, den ein solcher, gleichsam konzentrierter, Strom im letztgedachten Falle auf den Muskel ausübt, wird natürlich ungleich größer sein als der Effekt bei Anwendung der großen Platte im ersten Beispiel, trotzdem beide Male die Stromstärke dieselbe war, 3 MA. Von der Dichtigkeit also, nicht von der Stromstärke allein, ist die Wirkung eines Stromes abhängig, sowohl die Reizwirkung auf einen Muskel oder Nerven als jede andere Wirkung. Diese Dichtigkeit D ist nun zwar um so größer, je größer ceteris paribus die Stromstärke J ist; sie ist aber, wie wir eben sahen, noch von einem zweiten Faktor abhängig, nämlich von der Größe des Querschnitts des Schließungsbogens bzw. des Elektroden-Querschnitts Q: sie ist um so kleiner, je größer dieser Querschnitt ist, und umgekehrt. $D = \frac{J}{Q}$, die Dichtigkeit ist gleich der Stromintensität dividiert durch den Querschnitt.

Da die Dichtigkeit für uns, wie gesagt, der Ausdruck der Wirkung des Stromes ist, so müssen wir sie in jedem Falle kennen und berechnen. Diese Berechnung ist sehr einfach, da wir J direkt am Galvanometer, und Q, ausgedrückt in qcm, gewöhnlich am Halse der Elektrode ohne weiteres ablesen oder, wo das nicht der Fall ist, leicht (bei runden Elektroden durch Multiplikation des Quadrats vom halben Durchmesser mit 3,14) berechnen können.

---

2. Kapitel.

Das Zuckungsgesetz und andere physiologische Vorbemerkungen.

Die physiologischen Tatsachen, die zunächst zu besprechen sind, beziehen sich auf den galvanischen Strom allein:

Wenn ein galvanischer Strom mit einer gewissen Dichtigkeit (s. oben) auf einen Muskel trifft, so wirkt er als Reiz auf diesen Muskel: der Muskel kontrahiert sich — direkte Muskelreizung. —

Wenn ein galvanischer Strom mit einer gewissen Dichtigkeit auf einen motorischen Nerven trifft, so wirkt er auch dort als Reiz: die von diesem Nerven versorgten Muskeln kontrahieren sich — indirekte Muskelreizung. —

Diese Kontraktion des Muskels oder der Muskeln erfolgt im allgemeinen*) nicht während der ganzen Dauer der Durchströmung des Muskels oder Nerven; sie tritt vielmehr nur ein,

1. wenn der Strom eingeleitet wird (Stromschließung),
2. wenn der Strom wieder ausgeleitet wird (Stromöffnung),
3. wenn der Strom rasch verstärkt und
4. wenn er rasch abgeschwächt wird; schließlich
5. wenn rasch die Stromrichtung geändert wird (Stromwendung).

Das Dubois-sche Gesetz.

Mit einem Worte: Die Reizung des Muskels oder Nerven erfolgt nur bei Schwankungen der Stromdichtigkeit (oder Stromschwankungen). Das hat Dubois-Reymond in dem (nach ihm benannten) Gesetz ausgesprochen:

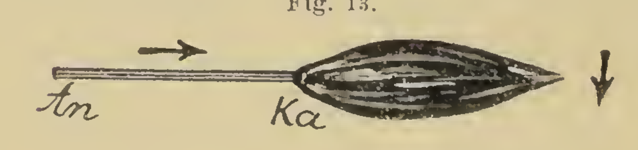
> Nicht der absolute Wert der Stromdichtigkeit in einem gegebenen Moment wirkt erregend auf Muskel und motorischen Nerv, sondern nur die Schwankungen der Dichtigkeit. Je größer und je rascher sie sind, um so größer ist ihre Reizwirkung; am größten ist sie im allgemeinen bei Schließung und Öffnung des Stromes.

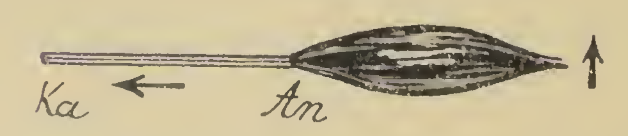
Tierexperimente haben weiterhin gezeigt, daß die verschiedenen Stromschwankungen nicht in gleicher Weise wirken, daß also z. B. die Schließung des Stromes nicht den gleichen Effekt hat wie die Öffnung; sie haben zweitens gezeigt, daß schwachen Strömen nicht dieselbe Wirkung zukommt wie starken; und drittens, daß es von Wichtigkeit für die Reizwirkung ist, in welcher Richtung der Strom den motorischen Nerven durchfließt und den Muskel trifft. Pflüger hat Untersuchungen an Tieren darüber angestellt und diese Untersuchungen in dem (nach ihm genannten) Zuckungsgesetz zusammengestellt.

Das Pflügersche Zuckungsgesetz.

Trotzdem dieses Gesetz zunächst nur für das Tierexperiment absolute Gültigkeit hat und auf die Verhältnisse beim Menschen nicht ohne weiteres übertragen werden kann, so soll es doch hier erörtert werden, erstens, weil die menschlichen Zuckungsverhältnisse dadurch leichter verständlich werden, und zweitens, weil auf die von Pflüger und den späteren physiologischen Forschern gefundenen Resultate bei der Elektrotherapie zurückgegriffen werden muß.

Fig. 13.





Pflüger untersuchte am freigelegten N. ischiadicus und dem zugehörigen M. gastrocnemius, indem er die beiden Elektroden einer galvanischen Batterie an die beiden Enden des Nerven setzte, und zwar in zwei verschiedenen Anordnungen: 1. Die Anode (An) wird an das zentrale Nervenende gesetzt, die Kathode (Ka) an das peripherische: der Strom fließt also von An zu Ka in der Richtung des Innervationsstromes: absteigender Strom (↓). 2. Die Anordnung umgekehrt: An am peripherischen, Ka am zentralen Nervenende: der Strom fließt also — von An zu Ka — entgegengesetzt dem Innervationsstrome: aufsteigender Strom (↑). — Bei jeder

*) Ausnahme s. weiter unten, S. 25 und 26.

dieser beiden Stromrichtungen wurde geprüft: wie wirken Schließungen (S) und wie wirken Öffnungen (Ö) des Stromes? — Und da sich weiter fand, daß je nach der Stromstärke die Wirkung des Stromes verschieden ist, wurden alle die erwähnten Untersuchungen bei drei Graden von Stromstärken vorgenommen: Stromstärke I (schwache), Stromstärke II (mittelstarke) und Stromstärke III (starke Ströme). — Pflüger legte also bei seinen Untersuchungen auf folgende drei Faktoren Wert: 1. auf die Stromrichtung, 2. auf die Art der Stromschwankung (Schließung oder Öffnung), 3. auf die Stromstärke.

In Formeln und Worten ausgedrückt, wobei immer + = „Zuckung", 0 = „keine Zuckung" bedeutet, lautet nun das von Pflüger auf Grund seiner Experimente gefundene Gesetz:

		↓	↑	
I.	S.	+	+	bei schwachen Strömen tritt sowohl bei ab- als aufsteigender Stromrichtung nur bei Schließung eine Zuckung ein.
	Ö.	0	0	
II.	S.	+	+	bei mittelstarken Strömen tritt sowohl bei ab- als aufsteigender Stromrichtung bei Schließung und bei Öffnung eine Zuckung ein.
	Ö.	+	+	
III.	S.	+	0	bei starken Strömen tritt bei absteigender Stromrichtung nur bei Schließung*), bei aufsteigender nur bei Öffnung eine Zuckung ein.
	Ö.	0	+	

Die Erklärung für diese Befunde ergab sich nach späteren Untersuchungen, die bis in die neuste Zeit hineinreichen, in folgender Weise:

1. Während ein galvanischer Strom einen Nerven durchfließt, tritt eine innere Zustandsveränderung des Nerven ein. Nach Bethes ausgezeichneten Forschungen, denen sich die folgende Darstellung anschließt, handelt es sich dabei wahrscheinlich um chemisch-physikalische, in erster Reihe aber chemische, Vorgänge: das leitende Element in jedem lebenden Nerven ist nach ihm eine an die feinsten Bestandteile des Nerven, die Neurofibrillen des Achsenzylinders, chemisch gebundene Substanz, die Fibrillensäure. Diese im ruhenden Nerven gleichmäßig verteilte Säure löst während der galvanischen Durchströmung des Nerven infolge chemischer Affinitäten ihre Verbindung mit den Fibrillen in der Weise, daß sie von der Anode fort- und zur Kathode hinwandert. Mit ihr aber wandert gleichsam, da sie der Träger der Nervenerregbarkeit ist, auch die Erregbarkeit des Nerven derart, daß sich am durchströmten Nerven in der Umgebung der Ka ein Zustand erhöhter, in der Nähe der An ein Zustand herabgesetzter Erregbarkeit einstellt. Man nennt diese Veränderung der Erregbarkeit, die übrigens schon seit Pflügers Untersuchungen bekannt ist, Elektrotonus, und zwar die erhöhte Erregbarkeit an der Ka Katelektrotonus, die herabgesetzte an der An Anelektrotonus. — Je stärker der einwirkende Strom ist, um so stärker werden die chemischen Affinitäts- und dementsprechend auch die Erregbarkeitsdifferenzen. Sie dauern die ganze Zeit an, während welcher der Nerv vom Strom durchflossen wird.

Der Elektrotonus.

2. Das Einsetzen der Strömung der Fibrillensäure im Momente der Stromschließung und das damit verbundene plötzliche Auftreten des Katelektrotonus wirkt an der Stelle, an der es entsteht, also an der Ka, als Kontraktionsreiz auf den Nerven resp. auf den zugehörigen Muskel. Daher tritt bei jeder Stromschließung bei ab- und aufsteigenden Strömen aller Stromstärken (die Ausnahme für aufsteigende Ströme der Stärke III wird bald erklärt werden) eine Zuckung ein.

3. Bei jeder Stromöffnung findet vor der Rückkehr zum Ruhezustande ein momentanes Zurückströmen der Fibrillensäure zur Anode und damit eine plötzliche Umkehr der elektrotonischen (Erregbarkeits-) Verhältnisse — negative Modifikation — im Nerven statt, d. h. es verschwindet bei jeder

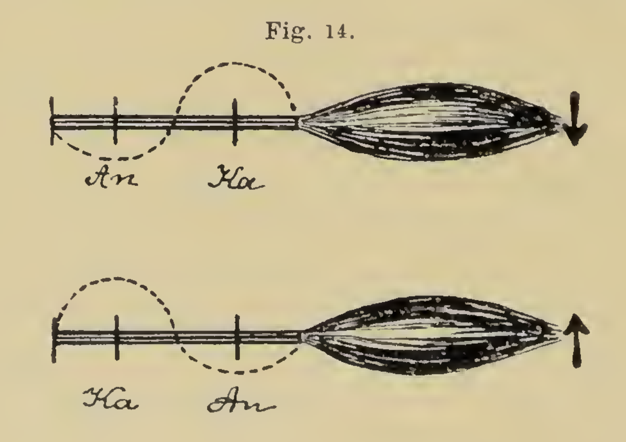
*) Mitunter, aber in sehr geringer Stärke, auch bei Öffnung.

Öffnung an der An der Anelektrotonus, und es bildet sich dort ganz vorübergehend ein Zustand erhöhter Erregbarkeit, an der Ka dagegen ein vorübergehender Zustand herabgesetzter Erregbarkeit. — Dieses Verschwinden des Anelektrotonus und die negative Modifikation wirken ebenfalls als Kontraktionsreiz, aber lange nicht so stark wie das Entstehen des Katelektrotonus: Bei schwachen Strömen (Stärke I) reicht die Stärke dieses Phänomens noch nicht hin, um eine Zuckung herbeizuführen; man sieht deshalb bei Stromöffnung der Stärke I keine Zuckung erfolgen; anders bei Stärke II, wo bei jeder Öffnung sowohl bei ab- als bei aufsteigenden Strömen auch der Reiz des verschwindenden und sich umkehrenden Anelektrotonus eine Zuckung herbeiführt.

4. Bei Strömen der Stärke III (starken Strömen) sind die Verhältnisse nur quantitativ von den übrigen verschieden. Es sind nämlich bei starken Strömen die chemischen Affinitätsunterschiede und demgemäß die elektrotonischen Erregbarkeitsdifferenzen so große, daß, während an der Ka infolge Zusammendrängens der Fibrillensäure an diesem Pole eine außerordentlich große Erregbarkeit vorhanden ist, die Erregbarkeit an der Stelle der An infolge ihrer Entblößung von Fibrillensäure so gut wie erloschen ist: die Stelle an der An wird bei diesen starken Strömen fast gänzlich unerregbar und leitungsunfähig.

Wenn man die Fig. 13 in der Weise modifiziert denkt, daß durch Kurven die elektrotonischen Veränderungen bezeichnet werden, und zwar (s. Fig. 14) die erhöhte Erregbarkeit an der Ka durch eine hohe Kurve über der Linie, die herabgesetzte an der An durch eine niedrigere Kurve unter

Fig. 14.



der Linie angedeutet wird, so kann man die Erklärung für den III. Teil des Pflügerschen Gesetzes (die Ströme der III. Stärke betreffend) ohne weiteres aus der Figur ablesen:

Beim absteigenden Strome tritt bei Schließung unter diesen starken wie unter allen übrigen Strömen Reizwirkung an der Ka auf: kräftige Zuckung; bei Öffnung negative Schwankung und damit vorübergehend — ebenfalls wie immer — Reizwirkung an der An; der Reiz muß aber, ehe er zum Muskel gelangt, eine Stelle an der Ka passieren, welche durch die bei dieser Stromstärke sehr kräftige negative Modifikation völlig von Fibrillensäure entblößt und damit unerregbar und leitungsunfähig geworden ist: der Reiz kann darum den Muskel nicht erreichen, und es kann daher auch keine Zuckung eintreten*). — Umgekehrt ist die Sache, wie leicht aus der Figur hervorgeht, beim aufsteigenden Strome. Daher findet dort bei Schließung keine Zuckung statt, dagegen eine kräftige Zuckung bei Öffnung. —

Das Pflügersche Gesetz kann (wie oben gesagt wurde) auf den Menschen nicht ohne weiteres angewendet werden, und zwar aus

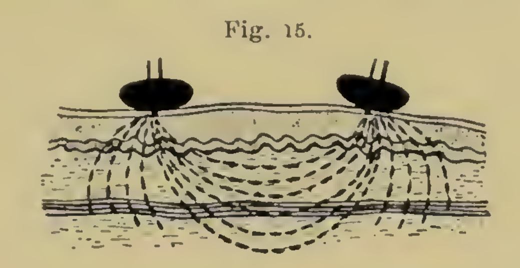
*) Vgl. Fußnote S. 21.

Strom-schleifen.

mehreren Gründen, von denen einer (nach Erb) hier angeführt werden mag:

Da beim Menschen die Pole nicht, wie am bloßgelegten Tiernerven, auf den Nervenstamm selbst aufgesetzt werden können, so geht der Strom vom Pol zum Pol nicht durch den Nerven hindurch, sondern zunächst durch die Haut, und der menschliche Nerv wird nur von „Stromschleifen" (s. Fig. 15) getroffen, die dadurch entstehen, daß im gutleitenden Gewebe des Stratum subcutaneum, ev. der

Fig. 15.



Schematischer Schnitt durch die Haut: ein darunter liegender Nerv wird von Stromschleifen getroffen, die zwischen den beiden aufsitzenden Elektroden verlaufen.

zwischenliegenden Muskelschicht usw., der Strom sich auszubreiten sucht; es treffen daher den Nerven an verschiedenen Stellen Ströme verschiedener Richtung, so daß man von auf- und absteigenden Strömen, wie sie im Pflügerschen Gesetze eine Rolle spielen, nicht mehr reden kann.

Während aus diesem und noch anderen — vorderhand füglich unerwähnt zu lassenden — Gründen (s. übrigens S. 77 im Kapitel Entartungsreaktion) eine direkte Anwendung des Tiergesetzes auf den Menschen nicht angängig ist, so ist doch auch beim menschlichen Nerven und Muskel, wie man sich leicht überzeugen kann, in ihrer Reaktion auf den galvanischen Strom eine gewisse Gesetzmäßigkeit vorhanden, und zwar ist wiederum bei Schließung die Wirkung eine andere wie bei Öffnung und wiederum bei verschiedenen Stromstärken die Wirkung verschieden.

Das menschliche Zuckungsgesetz.

Zu diesen beiden Momenten — nämlich 1. der Art der Stromschwankung (Schließung oder Öffnung), 2. der Stromstärke — kommt aber (während die Stromrichtung, wie gesagt, für den Menschen nicht in Frage kommt) als dritter Faktor einer hinzu, der sich aus dem Pflügerschen Gesetze als bedeutsam ergeben hat, nämlich 3. die verschiedenartige Wirkung der Pole.

Um zu sehen, wie ein bestimmter Pol, An oder Ka, auf einen Nerven oder Muskel des lebenden Menschen wirkt, ist es notwendig, eine ganz bestimmte, eigenartige Anordnung der Untersuchung zu treffen.

Es leuchtet nämlich a priori ein, daß es theoretisch unmöglich ist, nur einen Pol eines galvanischen Stroms auf einen Muskel oder Nerven wirken zu lassen: bei jeder Anordnung wird auch der (noch so entfernte) andere Pol immerhin einen, wenn auch schwachen, Effekt erzielen. Die zu erwähnende eigenartige Anordnung ist also in bezug auf Exaktheit nur cum grano salis zu verstehen und die mit ihr erzielten Resultate nur als für praktische Zwecke hinreichend genau anzusehen.

Die Anordnung geschieht in der Weise, daß man die beiden Elektroden von sehr verschiedenem Querschnitt wählt, z. B. die eine von 100 qcm, die andere von 3 qcm. Dann wird die Dichtigkeit an der kleinen Elektrode und damit auch die Reizwirkung an ihr sehr groß, die Dichtigkeit und Reizwirkung an der großen Platte aber so klein, daß sie praktisch ganz außer acht gelassen werden können. Ganz besonders ist das dann der Fall, wenn die kleine Elektrode direkt über den zu untersuchenden Nerven oder Muskel, z. B. den N. ulnaris, aufgesetzt, die große Platte aber an eine entfernte Stelle, z. B. aufs Sternum, gebracht wird. Man nennt darum bei solcher Anordnung die große Platte, weil ihre Reizwirkung auf den betreffenden Muskel praktisch bedeutungslos ist, indifferente, die kleine über den Muskel selbst gesetzte aber differente oder Reizelektrode.

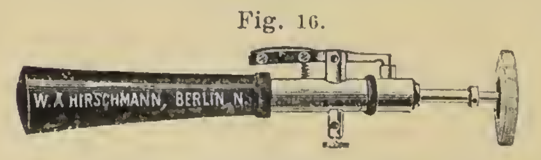
Wenn man eine solche Anordnung der Elektroden trifft, also die kleine Elektrode über irgendeinen Muskel oder motorischen Nerven setzt, und — am bequemsten mittels des Stromwenders — diese Reizelektrode bald zur Ka, bald zur An macht, so kann man diesen Muskel gewissermaßen nur mit einem Pole (monopolar) untersuchen: man kann dann die Wirkung des galvanischen Stroms am positiven und am negativen Pol getrennt prüfen.

Um den Effekt verschiedener Stromstärken zu prüfen, kann man die Stromstärke am galvanischen Apparat mittels des Elementenzählers und des Rheostaten leicht regulieren (und am Galvanometer ablesen).

Was schließlich die gesonderte Wirkung von Schließung und Öffnung betrifft, so bedienen wir uns, um sie in einfacher Weise feststellen zu können, einer kleinen, an manchen Elektrodengriffen angebrachten, sog. Unterbrechungsvorrichtung. Mit Hilfe dieser Unterbrecherelektrode kann jederzeit Schließung und Öffnung bei festsitzender Elektrode durch einen einfachen Fingerdruck erzielt werden.

Die Meyersche Unterbrecherelektrode (s. Fig. 16) trägt zwischen der Leitungsschraube und der Elektrodenfläche ein nichtleitendes Hartgummistück. An der Seite der Elektrode befindet sich ein Metallhebel, der durch Druck auf eine kleine Feder gehoben wird und bei Nachlassen des Drucks niederfällt. Drückt man mit dem Daumen die Feder hernieder und hebt damit den Metallhebel, so kann durch das nichtleitende Gummistück kein Strom zur Elektrodenfläche gelangen: der Stromkreis ist offen. Wird aber der Daumen von der Feder entfernt, so tritt der Hebel zwischen Gummiplatte und Elektrodenfläche mit dem Elektrodenhals in Berührung, und nun kann der Strom mit Umgehung der Gummiplatte durch den Metallhebel zur Elektrodenfläche gelangen: der Strom ist geschlossen. So kann man, ohne die Elektrode von dem Punkt, auf dem sie einmal sitzt, entfernen zu müssen, durch Daumendruck und Nachlassen des Druckes Stromschließungen und -öffnungen ausführen*).

Fig. 16.



*) Man kann Nb. auch mittels des Stromwenders (s. S. 12) den Strom schließen und öffnen, den faradischen auch (aber schlecht) durch Abheben und Aufsetzen der Elektrode.

Man setze also, um das menschliche, polare Zuckungsgesetz zu prüfen, eine große, befeuchtete Elektrodenplatte aufs Sternum, eine kleine, 3 qcm Querschnitt habende, ebenfalls befeuchtete, mit Unterbrecher versehene Elektrode fest auf irgendeinen motorischen Nerven (oder Muskel) des Körpers, z. B. auf den N. accessorius oder ulnaris, schalte eine beliebige Anzahl (20, 30) galvanischer Elemente ein und führe, indem man mittels des Rheostaten den galvanischen Strom allmählich verstärkt, mit dem Unterbrecher abwechselnd Schließung und Öffnung aus, so wird man folgendes bemerken, was (in einer der Pflügerschen Formel [vgl. S. 21] analogen Weise ausgedrückt) in der nachstehenden Tabelle dargestellt sein mag:

		An	Ka
I.	S.	—	z
	Ö.	—	—

Bei schwachen Strömen tritt nur dann eine Zuckung ein, wenn die Reizelektrode die Kathode ist, und nur im Moment der Schließung. Während der Dauer der Durchströmung ist eine Kontraktion nicht wahrzunehmen. Auch bei der Öffnung nicht; ebensowenig, wenn die Reizelektrode die An ist. Man drückt das kurz mit den Worten aus: Bei schwachen Strömen besteht nur eine kleine Kathoden-Schließungs-Zuckung (Ka Sz).

		An	Ka
II.	S.	z	Z
	Ö.	z	—

Bei stärkeren, etwa mittelstarken Strömen wird die Kontraktion bei Schließung mit negativer Reizelektrode, die Ka SZ, größer; aber jetzt treten auch Zuckungen auf, wenn die Anode Reizelektrode ist, und zwar sowohl bei Schließung als auch bei Öffnung: bei mittelstarken Strömen tritt außer Ka SZ auch Anodenschließungszuckung (An Sz) und Anodenöffnungszuckung (An Oz) auf. Dagegen sieht man bei Öffnung mit der Ka als Reizelektrode noch keine Kontraktion.*)

		An	Ka
III.	S.	Z	D(Te)
	Ö.	Z	z

Erst bei starken Strömen, bei denen die An SZ und An OZ schon sehr groß geworden sind und bei Ka S eine sehr kräftige Zuckung eintritt, die sich tetanisch während eines Teils oder der ganzen Dauer des Stromschlusses erhält, Kathodenschließungs-Dauerkontraktion oder Kathodenschließungstetanus (Ka SD oder Te) — NB. eine Ausnahme vom Duboisschen Gesetz — erst bei solcher Stromstärke also kann man oft eine kleine Kathodenöffnungszuckung (Ka Oz) nachweisen.

Kurz resümiert würde demnach das menschliche Zuckungsgesetz in den oben angegebenen Abkürzungen lauten:

I. Ka Sz.

II. Ka SZ. An Sz. An Oz.

III. Ka SD (oder Te). An SZ. An OZ. Ka Oz.

Beim normalen Muskel und Nerven treten also zuerst Zuckungen auf bei Schließung an der Ka, später erst An-Zuckungen und ganz zuletzt die Ka-Öffnungszuckung; oder wie man kurz — indem man Ka Oz als praktisch meistens bedeutungslos vernachlässigt — sagt:

---

*) In den meisten motorischen Nerven tritt An SZ etwas früher ein als An OZ; in der Minderzahl (28 %) ist das Verhältnis ein umgekehrtes. Bei direkter Muskelreizung fehlen häufig — nach manchen Autoren in der Regel — alle Öffnungszuckungen.

die Ka SZ ist in der Norm größer als die An-Zuckungen (scil. bei derselben Stromstärke)*).

Die Form der galvanischen Zuckung.

Neben der Reihenfolge, in der bei wechselnder Stromstärke und wechselnden Polen die einzelnen Reizmomente (S und O) in Wirksamkeit treten, und die durch das Zuckungsgesetz bestimmt ist, ist auch noch auf die Form der galvanischen Zuckung zu achten: bei Reizung eines Nerven (indirekter Reizung) mit dem konstanten Strom kontrahiert sich der normale Muskel sehr rasch, „blitzartig“: die Zuckung entsteht im Moment der Schließung oder der Öffnung**) prompt, und unmittelbar darauf klingt sie ebenso prompt wieder ab; der Muskel erschlafft sofort. Dabei ist es gleichgültig, wie lange der Strom geschlossen bleibt. Nur bei sehr starken Strömen tritt, wie aus dem Zuckungsgesetz hervorgeht, bei Ka S eine Art Tetanus ein, d. h. eine Dauerkontraktion, die bei geschlossenem Strome längere Zeit oder auch während der ganzen Dauer des Stromschlusses bestehen bleibt; bei Strömen gewöhnlicher Stärke bleibt der Muskel unter der dauernden Einwirkung des Stromes schlaff. Dieselbe Form hat die Zuckung bei direkter Reizung der Muskeln***). Die Raschheit der Zuckung ist ein außerordentlich wichtiges Merkmal für den normalen Ernährungszustand eines Muskels. Später, bei Besprechung der Entartungsreaktion, wird darauf rekurriert werden.

Auf eins aber sei hier gleich aufmerksam gemacht: Es kommen auch in der Grenze des Normalen Schwankungen in bezug auf Zuckungsraschheit vor; je größer oder massiger ein Muskel ist, je mehr er gedehnt oder gespannt ist, resp. je größer das Gelenk ist, das er zu bewegen hat, je mehr überhaupt seine Kontraktion der Schwere entgegenarbeiten muß, um so weniger rasch ist in der Regel die Zuckung. In den kleinen Gesichtsmuskeln z. B. sieht eine normale Zuckung gewöhnlich erheblich blitzartiger aus als z. B. am M. peroneus longus; und im M. quadriceps femoris wiederum ist die Promptheit der Kontraktion meistens größer, wenn das Bein flach auf einer Unterlage liegt, als wenn es im Knie gebeugt herunterhängt. Bei Kindern in den ersten Lebenswochen ist die physiologische galvanische Zuckung oft gradezu träge. Auffallend langsam ist nach meiner Erfahrung auch häufig die normale Kontraktion in den kleinen Fußmuskeln (M. extensor

---

*) Über physiologische Ausnahmen von dieser Regel s. beim Kapitel Entartungsreaktion p. 77.

**) Hierbei sei beiläufig erwähnt, daß die Zeit zwischen elektrischer Reizung und Reaktion in pathologischen Fällen verschieden lang gefunden wurde. Solche Abweichungen der normalen „Leitungsgeschwindigkeit“ hat Zanietowski mittels des nach Exners und Obersteiners Angabe von Castagna angefertigten „Elektroneuramöbometers“ nachgewiesen.

***) Was wir in praxi direkte Muskelreizung nennen, ist de facto eine Reizung des im Muskel befindlichen Nervenästchens, das ihn versorgt, also auch eine indirekte. Nur der Kürze halber soll jener unrichtige Ausdruck beibehalten werden. Die Muskelsubstanz selbst ist übrigens ebenfalls erregbar: die träge Zuckung bei der Entartungsreaktion entspricht vielleicht (s. S. 77) einer Substanz-Reizung des durch den Degenerationsprozeß vom Nerven entblößten („entnervten“) Muskels. — Ganz anders als die quergestreifte scheint die glatte Muskulatur auf den galvanischen Strom zu reagieren: Die Darmmuskulatur wenigstens spricht zwar auf die An prompt und relativ leicht an, auf die Ka jedoch schwer und nicht mit blitzartiger Zuckung bei der Schließung, sondern mit einer allmählichen, lokalen Retraktion während der Durchströmungsdauer (Laquerrière und Delherm).

digitorum communis brevis, auch M. extensor hallucis longus). Nach den Untersuchungen von Grund ruft selbst geringfügige Abkühlung auch bei Normalen eine Verlangsamung der Muskelzuckung bis zu ausgesprochener „Trägheit“ hervor. Das erklärt ungezwungen meine Beobachtung an den kleinen Fußmuskeln, die neben den Hand-Interossei in der Tat das Phänomen der „Abkühlungsreaktion“ am deutlichsten erkennen lassen. Es ist notwendig, sich von diesen Differenzen, zu denen übrigens vielleicht auch noch individuelle Verschiedenheiten kommen, an vielen Personen zu überzeugen, damit man nicht in pathologischen Fällen zu falschen Schlüssen kommt. Vgl. dazu die Fußnote auf S. 73.

Die faradische Zuckung.

Beim faradischen Strom gebrauchen wir in praxi die beiden Pole aus dem oben (S. 15) angeführten Grunde gewöhnlich ohne Unterscheidung; von einem polaren Zuckungsgesetz kann darum kaum die Rede sein.

Anm.: Da aber, wie ebenfalls oben (S. 15 f.) auseinandergesetzt, tatsächlich die Summe der Öffnungsschläge des Induktionsstromes für uns in Frage kommt, und wir also de facto doch An und Ka unterscheiden können, so können wir auch an den meisten Muskeln nachweisen, daß sie auf faradische Kathodenreizung bei schwächeren Strömen reagieren als auf Anodenreizung. — Vielfach kann man auch sehen, daß bei Muskeln, die in mehreren Schichten übereinander liegen, auf die faradische Ka der Muskel der einen (z. B. der oberen) Schicht, auf die faradische An der der anderen (z. B. der unteren) Schicht antwortet. Man findet das z. B. häufig an der Vorderarmstreckseite, am M. extensor carpi radialis longus und dem M. supinator. — Oder man sieht oft auch bei ausgedehnteren Muskeln, z. B. beim M. cucullaris, daß bei An-Reizung andere Muskelbündel zucken, als bei Ka-Reizung (dasselbe zeigt sich NB. auch bei galvanischer Reizung) oder daß bei Nervenreizung auf die An andere Muskeln antworten als auf die Ka. An den Apparaten mit einem Umschalter oder Stromwechsler für galvanischen und faradischen Strom (Fig. 4, 5 und 12) stimmen die Pole des faradischen Öffnungsstroms nicht immer in ihrer Lage mit denen des galvanischen Stroms überein. Am besten erkennt man die faradische Kathode eben an ihrer stärkeren Reizwirkung.

Die faradische Zuckung ist tetanisch, d. h. wenn man die Reizelektrode auf den Muskel (oder Nerven) setzt und eine Schließung macht, so erfolgt eine kräftige Kontraktion, die so lange andauert, als der Strom geschlossen bleibt; im Moment der Öffnung kehrt der Muskel zur Ruhelage zurück.

Da nämlich der sekundäre Induktionsstrom aus einer Summe rasch einander folgender momentaner Einzelstromstöße besteht, so antwortet der Muskel auf jeden dieser momentanen Ströme mit einer blitzartigen Zuckung (und zwar ist bei der Raschheit des Entstehens und Verschwindens dieser Ströme, bei der Größe der Stromschwankung und der darum außerordentlich großen Reizwirkung auf den Muskel die Muskelzuckung sehr kräftig); die einzelnen Stromstöße aber folgen einander so schnell in der Zeiteinheit, daß, ehe die vom ersten hervorgerufene Zuckung abgeklungen ist, schon wieder die nächste beginnt, — so summieren sich die Einzelreize, und die Zuckung erscheint als Tetanus.

Die Minimalkontraktion und die Erregbarkeit.

War bisher die qualitative Seite der galvanischen und faradischen Muskelkontraktion allein Gegenstand der Erörterung gewesen, so drängt sich jetzt die Frage nach dem quantitativen Moment der Zuckung auf: bei welcher Stromstärke tritt die Zuckung eines normalen Muskels ein? Die Stromstärke, bei der die erste, eben sichtbare Zuckung, die Minimalzuckung sichtbar wird, ist für verschiedene Muskeln und Nerven des Körpers und auch für verschiedene Stellen desselben

Muskels oder Nerven verschieden; sie wechselt außerdem bei verschiedenen Individuen und wahrscheinlich auch bei demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten in der Grenze des Normalen. Das bezieht sich sowohl auf die Minimalzuckung, die vom galvanischen, als auf die, die vom faradischen Strome ausgelöst wird.

Die Minimalzuckung ist für uns im allgemeinen der Maßstab für die elektrische Erregbarkeit eines Nerven oder Muskels*). Bei je geringerem Strome sie auftritt, um so erregbarer ist ein Muskel oder Nerv; je größere Stromstärken notwendig sind, um eine Minimalkontraktion auszulösen, um so geringer ist die Erregbarkeit des betreffenden Muskels oder Nerven. — Wir messen die zur Erzielung der Minimalkontraktion nötige Stärke des galvanischen Stromes, wie immer, am Galvanometer und lesen sie in MA ab. Die Stärke (oder richtiger die elektromotorische Kraft, s. oben S. 15) des zu ihrer Erzielung nötigen faradischen Stromes wird an der Skala der sekundären Spirale bestimmt und in Millimetern Rollenabstand ausgedrückt.

Anm. Wir müssen uns dabei immer vor Augen halten, daß nur das Maß für den galvanischen Strom ein absolutes, immer und überall vergleichbares ist, daß aber das faradische Maß nur einen relativen, für den gerade benutzten Apparat und für einen gerade vorhandenen Zustand desselben (Füllungszustand der Elemente usw.) gültigen Wert hat (s. S. 15).

Da die Erregbarkeit der Muskeln und Nerven so vielfachem Wechsel unterworfen ist, so läßt sich auch für das, was wir beim Zuckungsgesetz als „schwache", „mittelstarke" oder „starke" Ströme bezeichnet haben, kein allgemein gültiges, bestimmtes Maß angeben: es sind ebenfalls relative Werte, die bei den verschiedenen Muskeln (und Nerven) ganz verschiedenen Stromstärken entsprechen (s. weiter unten).

Die Art und Weise, in der wir bei den einzelnen zu untersuchenden Muskeln und Nerven im konkreten Falle die Erregbarkeit, d. h. die Minimalzuckung, feststellen, soll im nächsten Kapitel geschildert werden. Hier soll nur soviel gesagt sein: Wenn wir wissen wollen, ob ein Muskel oder Nerv normale Erregbarkeit hat, so haben wir zwei Möglichkeiten, das festzustellen:

1. Wenn es sich um Muskeln oder Nerven nur einer (ev. suspekten) Körperhälfte handelt, die wir auf ihre Erregbarkeit prüfen wollen, so haben wir an den symmetrischen Muskeln oder Nerven der gesunden Körperhälfte die Möglichkeit der Vergleichung.

2. Wenn es sich aber um den Verdacht doppelseitiger Affektion handelt, so müssen wir einen anderen Weg einschlagen, um festzustellen, ob die betreffende Minimalzuckung bei normaler Stromstärke erfolgt oder nicht: nämlich den Vergleich mit anderen Individuen.

Die Stintzing-schen Tabellen.

Diesen Weg hat Stintzing beschritten, indem er an einer großen

*) Nicht immer ist sie das. Trotz normaler Erregbarkeit kann das Auftreten der Minimalzuckung sehr erschwert werden, und zwar sowohl durch physiologische Tieflage eines Nerven oder Muskels (anatomische Variante) oder durch pathologische Überlagerung (Ödeme, Verdickung des Unterhautgewebes usw.). Näheres s. Kap. 4 bei „Herabsetzung der Erregbarkeit", p. 70.

Reihe Gesunder die Mehrzahl der Körpermuskeln und -nerven auf ihre Erregbarkeit hin untersuchte, aus den erhaltenen Resultaten bezüglich der Stärke der Minimalzuckungen die Durchschnitts- und Mittelmaße nahm und in Tabellen (s. S. 30/31) anordnete. Diese Tabellen geben uns also die durchschnittlichen Größen der normalen Erregbarkeitsverhältnisse fast der sämtlichen Körpermuskeln und -nerven, und durch Vergleichung mit diesen Tabellen sind wir bei jedem Erregbarkeitsbefunde, den wir erheben, imstande festzustellen, ob er normal ist oder nicht*).

Dieser Satz bedarf allerdings einer dreifachen Einschränkung: 1. nämlich sind die Stintzingschen Werte der faradischen Erregbarkeit nicht ohne weiteres zur Vergleichung heranziehbar, da sie ja in mm RA, also nicht in einem absoluten Maße ausgedrückt und darum zunächst nur für Stintzings Apparat zur Zeit seiner Untersuchungen gültig sind. Wir müßten also jedesmal erst durch eigene Untersuchungen die Tabellenzahlen für unseren Apparat modifizieren; 2. sind die Werte der galvanischen Erregbarkeit zwar absolute und ohne weiteres vergleichbare: aber sie halten sich in sehr weiten Grenzen (z. B.: N. peroneus, galvanische Erregbarkeit 0,2—2,0 MA); daher wäre es, wenn man z. B. bei einem Menschen findet, daß der N. peroneus beiderseits bei 1,75 MA reagiert, ebensowohl möglich, daß dies in der Grenze des Normalen liegen, als andererseits einer bedeutenden Herabsetzung der Erregbarkeit entsprechen könnte, wenn z. B. der betreffende Peroneus früher seine Minimalzuckung bei 0,2 MA gehabt hätte; 3. gehen die bei Kindern in den ersten Lebenswochen gefundenen Werte für beide Ströme gewöhnlich über die Stintzingschen Maximalwerte erheblich hinaus (C. Westphal, A. Westphal). — Die Stintzingschen Tabellen sind also — um das Gesagte zusammenzufassen — verwendbar 1. für den galvanischen Strom bei stärkeren Veränderungen der Erregbarkeit (bei schwächeren nur mit großer Vorsicht), 2. für den faradischen Strom nur nach Umrechnung der Stintzingschen Werte in Werte des eigenen faradischen Apparats, 3. nur für Erwachsene oder für Kinder nach den ersten Lebensmonaten**).

Zwei dieser Tabellen folgen auf S. 30 u. 31.

*) Ein drittes Verfahren ist früher von Erb eingeschlagen worden: er wollte in zweifelhaften Fällen doppelseitiger Läsionen den verdächtigen Nerven mit anderen Nerven desselben Individuums vergleichen, da er gefunden hatte, daß bei derselben Person die verschiedenen Nerven in bezug auf ihre Erregbarkeit ein gewisses konstantes Verhältnis zeigen (seine Angaben bezogen sich vorwiegend auf den Ramus frontalis des N. facialis, den N. accessorius, ulnaris und peroneus). Der Nerv, dessen Erregbarkeit eine Verschiebung dieses gegenseitigen Erregbarkeitsverhältnisses verursachte, war als krank zu betrachten. — Es liegt auf der Hand, daß sich diese Methode nur für eine umgrenzte Anzahl von Krankheitsfällen anwenden läßt und auch dann ziemlich unbequem ist.

**) Eine bedeutende Verbesserung hat die Technik der quantitativen Untersuchung durch die Einführung der Kondensatorentladungen (s. Kapitel 12) in die Elektromedizin erfahren. Die mit dieser zukunftsreichen Methode gewonnenen Durchschnittswerte für die Erregbarkeit der einzelnen Muskeln und Nerven des Körpers bei den verschiedensten normalen Individuen zeigen große Konstanz und nur geringfügige Schwankungen. Näheres im 12. Kapitel.

Generaltabelle.

Nerv	Galvanische Erregbarkeit Reizschwelle in Milliampères				Faradische Erregbarkeit Reizschwelle in mm Rollenabstand			
	Unteres Extrem	Grenz- und Mittelwerte	Oberes Extrem	Maximale Differenz beider Körperseiten	Unteres Extrem	Grenz- und Mittelwerte	Oberes Extrem	Maximale Differenz beider Körperseiten
N. facialis	0,8	1,0 —**1,75**—2,5	2,8	1,3	145	132—**121** —110	102	10
R. frontalis	0,6	0,9 —**1,45**—2,0	2,5	0,7	—	137—**128,5**—120	117	10
R. zygomaticus	—	0,8 —**1,4** —2,0	2,5	—	145	135—**125** —115	110	—
R. mentalis	—	0,5 —**0,95**—1,4	—	—	—	140—**132,5**—125	118	—
N. accessorius	—	0,10—**0,27**—0,44	0,6	0,15	—	145—**137,5**—130	125	10
N. musculocutaneus . .	—	0,04—**0,17**—0,28	0,35	0,19	—	145—**135** —125	122	10
N. medianus	0,27	0,3 —**0,9** —1,5	2,0	0,6	141	135—**122,5**—110	100	12
N. ulnaris oben	—	0,2 —**0,55**—0,9	1,3	0,6	145	140—**130** —120	110	6
N. ulnaris unten	—	0,6 —**1,6** —2,6	—	0,7	—	130—**118,5**—107	—	11
N. radialis	0,7	0,9 —**1,8** —2,7	3,0	1,1	125	120—**105** —90	—	16
N. cruralis	0,3	0,4 —**1,05**—1,7	2,6	0,6	—	120—**111,5**—103	—	8
N. peroneus	—	0,2 —**1,1** —2,0	2,7	0,5	138	127—**115** —103	95	13
N. tibialis	—	0,4 —**1,45**—2,5	—	1,1	125	120—**107,5**—95	93	10
N. axillaris	—	0,6 —**2,8** —5,0	—	0,7	—	125—**109** —93	67	13
N. thoracicus anterior .	—	0,09—**1,75**—3,4	—	1,3	—	145 - **127,5**—110	—	20

Erregbarkeitswerte einzelner Muskeln.

Muskel	Galvanisch in MA	Faradisch in mm Rollenabstand	Größe der Elektrode in qcm
M. cucullaris	1,6	116	12
M. deltoideus	1,2 2,0	123 –100	12
M. pectoralis maior	0,4	117	6
M. pectoralis minor	0,1—2.5	133—167	6
M. serratus anterior	1,0—8,5	115—70	12
M. brachioradialis	1,1—1,7	109—106	3
M. extensor digit. comm.	0,6—3,0	115—95	3
M. extensor carpi rad.	0,8	112	3
M. extensor pollicis brevis	1,5—3,5	118—107	3
M. pronator teres	2,5—2,8	115	3
M. flexor digitor. subl.	0,3—1,5	138—116	3
M. flexor carpi ulnaris	0,9—2,9	133—96	3
M. abductor digiti quinti	2,5	115—110	3
M. rectus femoris	1,6—6,0	123—95	20
M. vastus medialis	0,3—1,3	115—113	20
M. tibialis anterior	1,8—5,0	123—106	12

3. Kapitel.

Der Gang der Untersuchung.

Wenn ein motorischer Nerv oder ein Muskel erkrankt, erleidet unter gewissen Bedingungen seine Reaktion auf den elektrischen Strom Veränderungen, und zwar können diese Veränderungen sein:

1. quantitative: die Erregbarkeit des Nerven oder Muskels ist nicht normal, sie ist erhöht oder herabgesetzt oder erloschen; diese Veränderung kann betreffen a) den galvanischen, b) den faradischen Strom, c) beide Stromarten.
2. qualitative: Die Zuckungsformel oder die Zuckungsform zeigt Abweichungen von der Norm; und zwar können die Veränderungen des Zuckungsgesetzes nur den galvanischen Strom betreffen, die der Zuckungsform dagegen wiederum a) den galvanischen, b) den faradischen Strom, c) beide Stromarten.
3. quantitative und qualitative Veränderungen*).

*) Eine besondere Stellung unter den Reaktionsveränderungen nehmen die bei der obigen Einteilung als praktisch unwichtig nicht berücksichtigten elek-

Es ist also in allen pathologischen Zuständen, in denen der Verdacht auf solche Alterationen der elektrischen Reaktion vorliegt, notwendig, die letztere genau festzustellen und mit der normalen Reaktion zu vergleichen, um sagen zu können, ob etwas Pathologisches vorliegt, und worin es eventuell besteht. — Demnach muß man in solchen Fällen feststellen: 1. quantitativ: die Erregbarkeit (ausgedrückt durch den Wert der Minimalzuckung) des kranken Nerven oder Muskels, und zwar sowohl die für den galvanischen als die für den faradischen Strom; 2. qualitativ: a) das Erhaltensein oder Nichterhaltensein der normalen Zuckungsformel für den galvanischen Strom und b) die Zuckungsform für beide Stromarten.

Alle die erhaltenen Resultate müssen mit denen verglichen werden, die an entsprechenden normalen Nerven oder Muskeln sich finden; also — wie im vorigen Kapitel (S. 28 ff.) ausgeführt wurde — entweder (bei einseitiger Affektion) mit denen der symmetrischen Nerven oder Muskeln der anderen, gesunden Körperhälfte oder mit denen analoger Nerven oder Muskeln bei einer großen Zahl anderer, gesunder Individuen, und zwar relativ am besten an der Hand der Stintzingschen „Tabellen für die elektrodiagnostischen Grenz- und Durchschnittswerte“.

Die erregbarsten Punkte.

Die Erregbarkeit eines Muskels ist nicht an allen Stellen seiner Oberfläche gleich groß; sie ist normaliter gewöhnlich am größten an dem Punkte, der dem Eintritt des motorischen Nervenastes in den Muskel resp. seiner oberflächlichsten Lage im Muskel entspricht (dem erregbarsten Punkt), und wird geringer, je weiter man sich von diesem Punkte entfernt. — Was wir Muskelreizung nennen, ist (wie schon S. 26 Fußnote gesagt wurde) tatsächlich eine Reizung intramuskulärer Nervenästchen.

Die erregbarsten Punkte der Nervenstämme sind die Stellen, an denen diese Stämme der Oberfläche des Körpers am nächsten liegen.

Wenn man einen suspekten Muskel oder Nerven mit einem gesunden vergleicht, so vergleicht man, um sichere Resultate zu erlangen, ihre erregbarsten Punkte miteinander. — Die Lage dieser Punkte muß man also genau kennen, um elektrische Diagnostik — und auch, um exakte Therapie — treiben zu können. Es sind schematische Tafeln konstruiert worden, in denen diese Punkte auf die Oberfläche des menschlichen Körpers projiziert angegeben sind. Das Studium dieser Tafeln allein reicht aber für die Praxis nicht aus, denn

Die schematischen Tafeln.

---

trischen Reflexzuckungen ein: mehrfach ist gefunden worden, daß bei Reizung gewisser Muskeln sich andere entfernte und nicht gereizte kontrahierten: teils waren es entfernte derselben Seite — Gesichtsmuskeln bei Armreizung, Armmuskeln bei Beinreizung —, teils symmetrische der anderen Seite (M. Weiß' elektromotorische Allochirie, Benedikts gekreuzte Reflexe). Auch bei Reizung gewisser Hautpartien hat man in ganz entlegenen, besonders in erkrankten, Muskelgruppen Zuckungen gesehen (R. Remaks u. a. „diplegische Kontraktionen“) u. dgl. Man nimmt, wie gesagt, an, daß diese Erscheinungen reflektorisch — mit Hilfe sensibler Wege über das Rückenmark (Eulenburg) — zustande kommen (s. auch ähnliches im Kapitel „Entartungsreaktion“, p. 88 unter 3).

erstens gibt es schon in der Norm der anatomischen Varianten (in bezug auf Lagerung der Muskeln, Bau der Haut und des Skeletts, größere oder geringere Entwicklung dieses oder jenes Muskels usw.) beinahe so viele, als es Individuen gibt. Bei jeder derartigen Variante läßt uns aber die Tafel im Stich;

zweitens verändern in gewissen pathologischen Fällen die erregbarsten Punkte der Muskeln ihre Lage, so daß der betreffende Muskel zwar nicht an der im Schema eingezeichneten Stelle elektrisch zu reizen ist, dafür aber an einem anderen Punkte im Muskelverlauf;

drittens können da, wo die Muskeln in mehreren Schichten übereinanderliegen, z. B. an der Vorderarm-Beugeseite, infolge von Atrophie Muskeln der oberen Schicht verschwinden und unterliegende oberflächlich zu liegen kommen. Wenn man dann an der im Schema als Reizpunkt des atrophischen Muskels bezeichneten Stelle elektrisch reizt, so bekommt man zwar eine Zuckung zu Gesicht, aber der Muskel, dessen Kontraktion man sieht, ist ein anderer als der gesuchte. Die Tafel kann dann also zu Irrtümern führen.

Um alle diese Fehlerquellen zu vermeiden, ist es zur Ergänzung der — immerhin als Anhaltsmittel brauchbaren — Tafelschemata notwendig, 1. sich den anatomischen Verlauf der Muskeln und der motorischen Nerven ins Gedächtnis zu rufen, 2. ganz besonders die Funktionen der einzelnen Muskeln resp. den Effekt der elektrischen Reizung zu kennen. Dann wird man sich in jedem, auch im anomalsten Falle über die Natur und den Ursprung einer gesehenen Zuckung klar sein.

Das Aufsuchen der erregbarsten Muskel- und Nervenpunkte, welches das ABC aller Elektrodiagnostik ausmacht, und dessen ausgiebigstes praktisches Üben für den Anfänger unbedingt erforderlich ist, geschieht in folgender Weise:

Allgemeine Regeln für elektrodiagnostische Übungen.

Der untersuchende Arzt sitzt oder steht vor dem Patienten so, daß das Licht auf den zu untersuchenden Teil und auf den elektrischen Apparat (besonders das Galvanometer) fällt. Gutes Licht ist erste Bedingung. Man muß auch darauf achten, daß der Kopf oder der Arm des Arztes selbst oder der Elektrodengriff nicht den untersuchten Teil beschatten: das Sehen der Minimalzuckung ist oft selbst bei hellem Lichte nicht leicht.

Am besten sitzen während der Untersuchung beide, sowohl der Arzt als der Patient. Am Bein geschieht die Untersuchung am bequemsten, wenn dasselbe auf einem Sofa oder einer Bank (auch auf zwei zusammengestellten Stühlen) ausgestreckt ruht, während der Arzt daneben sitzt. Um an der Rückseite der Unterextremität zu untersuchen, muß man den Patienten auffordern, sich auf den Leib zu legen, oder, wenn das nicht angeht — bei der Untersuchung auf zwei Stühlen z. B. — muß er sich so drehen, daß er ganz auf die nicht untersuchte Seite zu liegen kommt. — Die Rumpfmuskeln können zur Not am stehenden Patienten untersucht werden.

Die zu prüfenden Muskeln dürfen nicht gespannt sein. Man achte also darauf, daß die Körperstellung — wie das z. B. so-

eben bezüglich des Beins erwähnt wurde — eine Schlaffhaltung ermöglicht. Weiterhin fordere man den Patienten, sobald man merkt, daß er die zu untersuchenden Muskeln kontrahiert, von Zeit zu Zeit auf, „locker zu lassen“ und „nicht zu spannen“ oder dgl. Dieses „Spannen“ geschieht häufig infolge einer gewissen Ungeschicklichkeit der Patienten, die das „Entspannen“ erst lernen müssen. Nicht allein Hysterische oder Neurasthenische, sondern auch gesunde Leute wissen oft nicht, wie sie es anstellen sollen, einen Arm z. B. „locker zu lassen“. Durch Auflegen auf eine Unterlage oder Unterstützen des Armes, Kopfes usw. mit der Hand des Arztes, sowie durch Ablenken der Aufmerksamkeit (Rechnenlassen usw.) kann man dieses Entspannen oft leichter herbeiführen. Man sehe sich aber vor, daß man beim Unterstützen das zu prüfende Gebiet nicht mit dem eigenen Daumen verdeckt oder den betreffenden Teil so hält, daß man die erwartete Muskel- oder Nervenwirkung nicht gehörig überblicken kann. — In den Fällen, in denen die Spannung auf pathologische Ursachen zurückzuführen ist, z. B. auf Kontrakturen, sind besondere kleine Kunstgriffe nötig.

Die indifferente Elektrode.

Man setze die Elektroden durchfeuchtet auf. Eine indifferente große Platte (s. Fig. 25 und 31) setze man entweder aufs Sternum oder in den Nacken oder auch in die Kreuzbeingegend. Man soll zu Untersuchungszwecken niemals die indifferente Elektrode in eine Hand des Patienten setzen, weil das alle Exaktheit unmöglich macht. Am Nacken sollte man die indifferente Elektrode zu diagnostischen Zwecken nur im Notfalle aufsetzen, weil in dieser Stellung bei Anwendung des galvanischen Stroms die Nebenwirkungen dieses Stromes (Lichtblitze vor den Augen schon bei geringen Stromschwankungen, galvanischer Geschmack auf der Zunge, Schwindelgefühl usw.) sehr leicht auftreten, viel leichter, als wenn die indifferente Elektrode z. B. am Sternum oder am Kreuzbein steht. Beide letztgenannten Stellen sind auch wegen ihrer Muskelarmut als Plätze für die indifferente Elektrode sehr zweckmäßig. Bei Untersuchung der Arme wählt man zum Anbringen der indifferenten Elektrode nicht gern das Sternum, um zu vermeiden, daß der Patient einen seiner Arme zum Festhalten der Elektrode verwenden muß. Die Reizelektrode wählt man von kleinem Querschnitt, weil man so eine möglichst große Stromdichtigkeit an ihr erzielt.

Die Reizelektrode.

Um in dem Bruch $\frac{J}{Q}$, der bekanntlich die von uns jedesmal festzustellende Stromdichtigkeit ausdrückt, einen bequem zu berechnenden Divisor zu haben, kann man eine Reizelektrode von 10 qcm Querschnitt (Erbsche Normalelektrode) zur Untersuchung verwenden, oder man wählt, da diese für viele Stellen (z. B. am Gesicht) zu groß ist, eine Elektrode von 3 qcm Q (Stintzingsche Normalelektrode). Die Hoorwegsche Normalelektrode (von 1 qcm Q) macht die Applikation oft unnötig schmerzhaft. Als indifferente Normalelektrode (Cluzet) benutzt man am besten eine von 100 qcm Q.

Normalelektroden.

Man setzt die Reizelektrode — mit warmem Wasser gut durchtränkt — mit der ganzen Fläche auf, nicht mit der Kante, weil sich sonst sofort der Querschnitt und demgemäß die Dichtigkeit ändert. Beim Aufsetzen soll immer der Unterbrecherhebel vom Daumen des Arztes heruntergedrückt werden, also der Unterbrecher geöffnet sein.

Jetzt schalte man den Strom ein, und zwar zunächst zum Aufsuchen des erregbarsten Punktes den faradischen Strom, dessen man sich zu Übungszwecken am besten immer bedient: da die faradische Zuckung tetanisch ist, also im allgemeinen länger anhält als die galvanische, nämlich die ganze Dauer des Stromschlusses hindurch, und da ihre Dauer darum auch vom Untersucher leicht beliebig lange ausgedehnt werden kann, so ist es beim Induktionsstrom bequemer, die Wirkung genau zu sehen, und demnach auch, sich darüber zu orientieren, welchen Muskel oder Nerven man vor sich hat, und wo dessen erregbarster Punkt liegt*). Man stellt also den faradischen Apparat auf eine geringe Stromstärke ein, und während man den Unterbrecher der aufsitzenden Elektrode mehrmals schließt und wieder öffnet, verstärkt man den Strom durch Verschiebung der sekundären über die primäre Spirale, bis gut sichtbare Muskelkontraktionen erfolgen.

Man lasse den Strom bei den einzelnen Unterbrechungen immer nur so lange geschlossen, als unbedingt nötig, um die Zuckung zu sehen, die der faradische Strom verursacht, und vermeide es dadurch, den Schmerz, den Induktionsströme von einiger Stärke hervorrufen, zu verlängern. — Besonders empfindlich sind meistens die Stellen, an denen Knochen dicht unter der Haut liegen, also z. B. an der Stirn oder am N. ulnaris und peroneus. Dort muß bei einigermaßen kräftigen Strömen die Stromschließung nur ganz kurz sein. Man unterbreche dann den Strom sofort nach dem Schluß wieder durch Druck auf den Unterbrecherhebel. Man vermeide es aber, die Reizelektrode von der einmal als „erregbarster Punkt“ gefundenen Stelle zu entfernen. Stromschließung und -öffnung wird nur mit Hilfe des Unterbrechers besorgt: die Elektrode jedoch bleibt bis zum völligen Schluß der Untersuchung am gefundenen Punkte sitzen: schon eine Verschiebung um Millimeter oder kleine Hebungen einer Elektrodenkante verändern oft die Resultate nicht unerheblich. Bei längeren Untersuchungen tut man gut, den erregbarsten Punkt, wenn man ihn einmal gefunden hat, mit einem Blaustift zu bezeichnen.

Bei schwierigen Untersuchungen kann es eine Erleichterung sein, wenn ein Assistent das Ein- und Umstellen des Apparats besorgt oder die Resultate der Untersuchung notiert. Im allgemeinen kann man aber auch ganz bequem allein fertig werden. Nur für den Anfänger dürfte es sich empfehlen, die Untersuchungen mit einem anderen

*) Außerdem hat der faradische Strom keine erhebliche Wirkung auf den Leitungswiderstand, während der galvanische Strom ihn (s. S. 7 f.) herabsetzt. Man bekommt demnach richtigere Resultate, wenn man den Induktionsstrom zuerst appliziert.

gemeinsam auszuführen, weil so das oben erwähnte Festhalten des erregbarsten Punktes besser gelingt, und weil sich überdies zwei Personen gegenseitig unterstützen können, um über die Qualität und Quantität der Muskelkontraktionen Klarheit zu erlangen: denn das Finden des erregbarsten Punktes, das Sehen der Minimalzuckung und das Erkennen der Zuckungsform (ob blitzartig oder nicht) sind die hauptsächlichsten, fast die einzigen Schwierigkeiten der praktischen Elektrodiagnostik.

Man drücke nicht unnötigerweise stark mit der Elektrode auf die unterliegenden Teile. Wenn dieselbe gut — mit warmem oder Salzwasser — durchfeuchtet ist, ist das Drücken meist überflüssig. Nur an gewissen, sehr tiefliegenden Punkten, z. B. dem des N. facialis oder dem des N. radialis am Oberarm, ist ein gewisser Druck nicht zu vermeiden, zumal an der letzteren Stelle leicht die Elektrode durch den sich kontrahierenden M. triceps herausgeschleudert wird.

Wenn man von der Stelle aus, von der erfahrungsgemäß ein Nerv oder Muskel am leichtesten zu erregen ist, in der Tat die entsprechende Zuckung gesehen hat, so suche man jetzt, indem man die Elektrode gleichsam tastend im Verlauf des Muskels auf mehrere andere Stellen geöffnet aufsetzt und an jeder dieser Stellen eine oder zwei Schließungen ausführt, die ganze Nachbarschaft des erstgefundenen Punktes daraufhin ab, ob nicht vielleicht von irgendwoher bei derselben Stromintensität eine stärkere Kontraktion zu erzielen ist. — Ist das nicht der Fall, dann ist der erstgefundene Punkt der erregbarste (weiteres s. unten).

Im folgenden sollen die erregbarsten Punkte der Nerven und der wichtigsten Muskeln des Körpers einzeln besprochen werden, und zwar in folgender Weise: 1. sollen die Stellen beschrieben werden, an denen diese Punkte meistens liegen; diese Stellen sind außerdem in schematischen Figuren (auf die Haut projiziert) angegeben; unter jeder solchen — auf durchsichtiges Papier gezeichneten — schematischen Figur befindet sich immer eine mit ihr in den Konturen sich deckende Tafel, welche den anatomischen Verlauf der betreffenden Muskeln und Nerven wieder in Erinnerung bringen soll*). Durch Vergleich beider Tafeln wird das Merken der Lage der erregbarsten Punkte erleichtert werden, ganz besonders aber wird durch Studium des Muskelverlaufes dem viel wichtigeren Verständnis der Muskelfunktion nachgeholfen. Es soll nämlich im folgenden 2. bei jedem Muskel angegeben werden, welche Wirkung bei seiner elektrischen Erregung erfolgt, und bei jedem Nerven, welche Muskeln von ihm versorgt werden, und welche Wirkung demnach bei seiner Reizung eintritt. Warum es nötig ist, das zu wissen, ist oben (S. 33) auseinandergesetzt worden.

---

*) Diese Zeichnungen sind von Herrn Zeichner Arthur Levin (die untenliegenden Tafeln unter teilweiser Benutzung Quain-Hoffmannscher Muskelbilder) nach meiner eigenen Angabe angefertigt worden. Herrn Dr. Fr. Frohse bin ich für viele freundliche Hinweise in bezug auf Lokalisierung der Nerveneintrittsstellen in die Muskeln zu Dank verpflichtet.

Die Nerven und Muskeln des Gesichts.

(S. Fig. 17 auf der Tafel)

Die Nerven und Muskeln des Gesichts.

Bei allen Untersuchungen am Gesicht halte man die eigene Hand gegen die nicht untersuchte Gesichtshälfte des Patienten, um ein Ausweichen zu verhüten. Bei Prüfung der Muskeln um den Mund lasse man den Mund leicht öffnen.

Der Stamm des N. facialis kann gewöhnlich an zwei Stellen gereizt werden:

1. im Winkel zwischen Processus mastoideus und Unterkieferast, in der Fossa retromandibularis. Man drücke dabei die Elektrode möglichst hoch nach oben und (so, als ob man das Foramen stylomastoideum selbst treffen wollte) nach vorn in den Winkel hinein, indem man sie unterhalb des Ohrläppchens hineinschiebt. Die Wirkung ist: Kontraktion sämtlicher vom Fazialis versorgten Gesichtsmuskeln; die Mm. frontalis und corrugator supercilii zucken dabei oft nur schwach oder gar nicht mit. Bei galvanischer Reizung Vorsicht! (Kollaps usw., s. S. 94.)

2. auf dem Tragus des Ohres. Auch von dort bekommt man oft nur eine Wirkung der unteren Muskelgruppen. Dieser Punkt ist nicht konstant.

Die Äste des Fazialis kann man auch einzeln reizen. Die erregbarsten Punkte liegen gewöhnlich etwa in einer senkrechten Linie untereinander: ein mittlerer auf dem Tuber zygomaticum oder ein wenig darunter; ein oberer senkrecht darüber da, wo die gedachte Senkrechte den Arcus superciliaris schneidet; ein unterer senkrecht darunter da, wo die gedachte Linie den Unterkieferrand trifft.

Bei Reizung des oberen Astes zucken der M. frontalis und der M. corrugator supercilii: man sieht Runzelung der Stirn und der Augenbrauen. Faradische Reizung ist dort schmerzhaft. Daher kurzer Stromschluß!

Bei Reizung auf dem Tuber zygomaticum zucken: M. orbicularis oculi, M. zygomaticus, die Nasenmuskeln, die Heber der Oberlippe und der M. orbicularis oris (oft auch nur dessen obere Hälfte). Wirkung: Augenschluß, Lachbewegung, Nasenrümpfen, Runzeln der Oberlippe (oder Mundspitzen).

Bei Reizung des unteren Astes zucken: M. mentalis. M. depressor labii inferioris und M. depressor anguli oris (ev. auch untere Hälfte des Orbicularis oris). Wirkung: Hebung des Kinns. Umstülpung der Unterlippe und Verziehung des Mundwinkels nach unten und lateral. Die Äste sind gut erregbar. der dritte am besten, der zweite am wenigsten.

Von einzelnen Muskeln, die am Gesicht gereizt werden können, sind zu erwähnen:

M. epicranius frontalis, erregbar meistens nahe dem lateral-oberen Winkel der betreffenden Stirnhälfte unweit der Haargrenze. Wirkung: Querfaltung der Stirn, Hebung der Braue. Die faradische Reizung ist hier schmerzhaft. daher nur kurzer Stromschluß! Bei

der galvanischen Reizung (wie übrigens auch bei der der anderen Gesichtsmuskeln) leicht Schwindel, Lichtblitze usw.

M. corrugator supercilii (ein Teil des Augenschließmuskels) meistens ein wenig medial vom Nervenpunkte des oberen Astes. Wirkung: Längsrunzelung der Gegend zwischen den Augenbrauen. Man unterscheidet diesen Punkt vom benachbarten Nervenpunkte dadurch, daß beim letzteren auch eine Frontaliswirkung zu sehen ist. Auch ist der Nervenpunkt erregbarer.

M. orbicularis oculi, im lateralen Orbitawinkel. Wirkung: Bewegung der beiden Lider gegeneinander. In pathologischen Fällen (Entartungsreaktion) sind erregbarste Punkte dieses Muskels oft in der Mitte des unteren bzw. oberen Lids zu finden.

Mm. nasalis, procerus, depressor septi und Caput angulare des M. quadratus labii superioris oft schwer — und im allgemeinen unnötig — zu isolieren; am besten erregbar ist ein Punkt medial vom inneren Augenwinkel in der Nähe der Nasenwurzel. Wirkung: je nach der Lokalisation der Reizung verschieden, am häufigsten Nasenrümpfen und leichtes Heben der Oberlippe.

M. zygomaticus, ein wenig lateral und abwärts vom letztgenannten Punkte. Wirkung: Bewegung des Mundwinkels lateral-aufwärts und Vertiefung der Nasolabialfurche, einseitige Lachbewegung.

Auch der M. quadratus labii superioris sowie die Mm. caninus, risorius und buccinator sind bei vorsichtiger Reizung auf den in Fig. 17 erkennbaren Muskelzügen isolierbar. Reizung der Mm. quadratus und caninus führt zu Aufwärts- resp. Aufwärts- und Lateralwärtsbewegung der Oberlippe, die des M. risorius zu lateraler Verziehung des Mundwinkels (Lächeln), die des M. buccinator zu Wangeneinziehung.

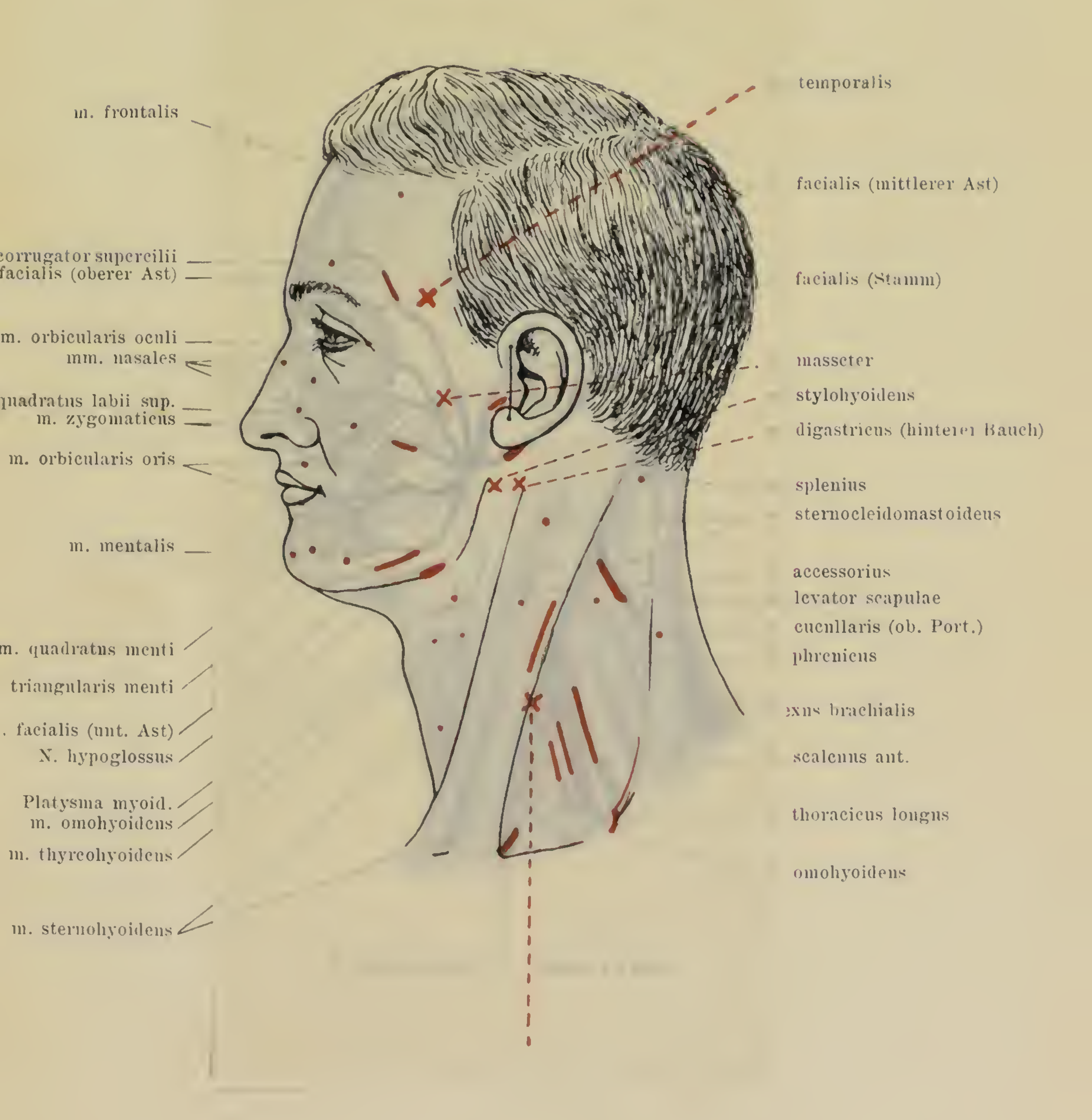
M. orbicularis oris, in zwei Hälften zu erregen: a) obere Portion, etwa halbquerfingerbreit über dem Lippenrot, ein wenig medial vom Mundwinkel. Wirkung: Runzelung und Spitzen der Oberlippe; b) untere Portion, ziemlich dicht am Lippenrot und etwas mehr medial als der obere Punkt. Wirkung: Runzelung und Spitzen der Unterlippe.

M. mentalis (oder levator menti), auf dem Kinn nahe dem Unterkieferrande und recht dicht an der Medianlinie. Wirkung: Kinnhebung und -runzelung. Der Anfänger verfällt leicht in den Fehler, den symmetrischen Muskel der anderen Körperhälfte oder den folgenden Muskel mitzureizen.

M. depressor labii inferioris oder quadratus menti, ein wenig lateral und nach oben vom vorigen Punkt. Wirkung: Umstülpung der Unterlippe nach außen (Ektropionierung). — Oft schwer vom vorigen oder vom nächsten Muskel zu trennen.

M. depressor anguli oris oder triangularis menti, meist dicht am Unterkieferrande, ein wenig lateral und abwärts vom vorigen. Wirkung: Herabziehen der Unterlippe nach lateral und abwärts. Er liegt in der Nähe des Nervenpunktes für den unteren Fazialisast. Die Wirkung des letzteren kann man aber von der des Muskels,

Fig. 17.



Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

abgesehen davon, daß der Nerv meist erregbarer ist, gewöhnlich dadurch unterscheiden, daß bei Reizung des Nervenastes auch der M. mentalis sich kontrahiert, also gleichzeitig Kinnhebung oder -runzelung eintritt. — In pathologischen Fällen (Entartung) liegt der erregbarste Punkt dieses Muskels oft weit oben, nach der Lippe zu.

Am Gesicht findet man außerdem gewöhnlich noch zwei Muskeln, die nicht vom Fazialis, sondern vom dritten Ast des Trigeminus versorgt werden, nämlich den

M. masseter, am besten an der Stelle, die der Incisura semilunaris des Unterkiefers — zwischen Processus coronoideus und condyloideus — entspricht, also etwa daumenbreit vor dem Ohrtragus; und den

M. temporalis, etwa in der Mitte der Schläfengrube, vom oberen Rande des Jochbogens und vom höchsten Punkt der Schläfenlinie etwa gleichweit entfernt oder dem ersteren näher.

Die Reizung der beiden letzten Muskeln bewirkt Kaubewegung, Aufeinanderklappen der Zähne; beide sind meistens erst bei stärkeren Strömen zu erregen. — Bei Fazialislähmungen mit Erloschensein der Erregbarkeit dieses Nerven sieht man oft die Bewegung dieser beiden Muskeln nach Reizung am Fazialispunkte rein hervortreten; der Anfänger hüte sich, diese Bewegung dann mit Fazialiszuckung zu verwechseln.

Vor der vorderen Umrandung der Ohrmuschel kann man den M. auricularis anterior, hinter der Ohrmuschel den M. auricularis posterior oft erregen. Bei Reizung beider können Teile des M. auricularis superior mitzucken.

In pathologischen Fällen peripherischer Okulomotorislähmung (bei Normalen nicht) kann man mit galvanischen Strömen den M. levator palpebrae superioris (den einzigen unter Umständen erregbaren Augenmuskel) mittels einer knopfförmigen Elektrode einige Millimeter unter dem höchsten Punkte des Supraorbitalbogens zur Kontraktion bringen (Werthheim-Salomonson)*).

Die Nerven und Muskeln am Halse.

(S. Fig. 17 auf der Tafel.)

Die Nerven und Muskeln am Halse.

Bei der sehr verschiedenen Konfiguration gerade der Halsgegend (und insbesondere auch der Fossa supraclavicularis) bei den verschiedenen Personen wird es erklärlich, daß gerade dort die Lage der erregbarsten Punkte eine individuell vielfach wechselnde ist. In vielen Fällen muß man sich mit dem Finden der hauptsächlichsten Nervenpunkte begnügen. Je geübter man wird, um so häufiger hat man positive Resultate. Man bedient sich für den Hals einer Reizelek-

*) Seine Zuckungsform ist, wie hier gleich bemerkt sei, in diesen Fällen „träge" und seine elektrische Erregungsfähigkeit überhaupt ein sicheres Zeichen krankhafter Erregbarkeitssteigerung. (Näheres über diese Krankheitssymptome im Kapitel über Entartungsreaktion.)

trode von sehr kleinem Querschnitt (knopfförmige Elektrode). Diese kleinen Elektroden müssen besonders reichlich durchfeuchtet werden.

N. accessorius, im Trigonum omotrapezoides, durchschnittlich etwa zwei Finger breit unter dessen oberem Winkel zwischen M. splenius und M. levator scapulae (s. unten), dem motorischen Punkte des letzteren näher. Sehr leicht erregbar. Wirkung: Kontraktion (des M. sternocleidomastoideus und) des M. cucullaris (der außer von ihm NB. noch Fasern aus dem Zervikalgeflecht erhält). Kopfneigung nach hinten, Hebung und Drehung des Kinns nach der anderen Seite, oft auch Schulterbewegungen.

N. hypoglossus, gewöhnlich dicht oberhalb des Zungenbeins mit Druck zu reizen. Kontraktion einzelner Zungenmuskeln.

Plexus brachialis, im ganzen unteren-medialen Drittel der Fossa supraclavicularis und auch noch lateral davon sind Teile von ihm leicht zu treffen. Wirkung: je nach der Stelle wechselnd, meist im Radialis- und Axillarisgebiet (Streckung der Hand und der Finger, Abhebung des Armes vom Thorax usw.); aber auch im Bezirk des Musculocutaneus, Medianus und Suprascapularis.

Erbscher (Supraklavikular-)Punkt, eine Stelle im Plexus cervico-brachialis, meist etwas mehr als daumenbreit oberhalb des oberen Klavikularrandes und ein wenig lateral vom hinteren Rande des Sternokleidomastoideus. Er verändert naturgemäß, je nach der Konfiguration der Oberschlüsselbeingrube, seine Lage oft sehr wesentlich. Von dieser Stelle aus erhält man Kontraktion der Mm. deltoideus, biceps, brachialis (internus) und brachioradialis, also ruckartige Abhebung des Arms vom Thorax und kräftige Ellbogenbeugung in Pronationsstellung; ist fast regelmäßig zu treffen und meist gut erregbar.

Nn. thoracici anteriores, man muß die Knopfelektrode beim herabhängenden Arm des Patienten ziemlich tief hinter die Clavicula eindrücken und nicht zu schwache Ströme wählen. Auch dann noch muß mitunter auf das Auffinden des Punktes verzichtet werden. Wirkung: Pektoralis-Kontraktion (Adduktion des Arms an den Thorax).

N. thoracicus longus, oft am Halse nicht erregbar; wenn, dann an der in Fig. 17 bezeichneten Stelle mit tief hineingedrückter Knopfelektrode. Wirkung: Kontraktion des M. serratus anterior (das Schulterblatt wird nach lateral-vorn bewegt, oder man sieht einzelne Zacken des Serratus vorspringen).

N. axillaris, ein wenig medial und oben vom vorigen, in der Figur nicht bezeichnet: nicht selten zu isolieren, wenn auch oft Teile des Plexus mitgereizt werden (er ist NB. bei vielen Personen auch in der Achselhöhle, und zwar oft gemeinsam mit dem N. radialis, zu reizen). Wirkung: Deltoideus-Kontraktion (Abhebung des Arms vom Thorax).

N. dorsalis scapulae, oft, aber nicht ganz leicht, unterhalb des Punktes für den M. levator scapulae (s. unten) erregbar (in der

Figur nicht bezeichnet). Wirkung: Kontraktion der Rhomboidei und des Levator scapulae. Hebung des Schulterblatts mit Drehung des unteren Winkels nach oben-medial.

N. phrenicus, selten zu diagnostischen Zwecken gesucht, zu therapeutischen (Asphyxie) meist doppelseitig zu erregen, und zwar entweder, indem man an der zur Reizelektrode führenden Leitungsschnur ein gegabeltes Ansatzstück befestigt und zwei gleichgroße Reizelektroden von geringem Querschnitt (3 qcm und weniger) an dessen beiden Enden anbringt; oder aber indem man auf eine indifferente Elektrode verzichtet und zwei kleine Knopfelektroden wählt, deren jede man an eine Seite des Halses setzt, und deren eine mit einem Unterbrecher versehen ist. Der erregbarste Punkt liegt hinter dem Sternokleidomastoideus, bald am oberen Ende seines unteren Viertels, bald noch weiter unten. Man muß also die Elektrode hinter den hinteren Muskelrand zu schieben, den Muskel gleichsam abzuheben suchen. Wenn der Punkt nicht richtig getroffen ist, wird oft die Elektrode durch den sich kontrahierenden Sternokleidomastoideus herausgeschleudert, oder es treten anstatt der gesuchten Wirkung Plexuszuckungen oder dgl. auf. Wirkung: Zwerchfellkontraktion (Vorwölbung des Epigastriums und besonders Einströmen der Luft in die Luftwege mit einem hörbaren „schlucksenden" Geräusch).

Von Muskeln am Halse wären zu erwähnen:

M. sternocleidomastoideus, etwa in der Mitte der Muskellänge oder darüber am leichtesten reizbar. Wirkung: Vorspringen des Muskels, Drehung des Kopfes nach der anderen Seite, wobei die Ohrmuschel nach vorn geneigt wird.

M. omohyoideus, seine Reizung ist praktisch ohne Bedeutung (s. Fig. 17). Vorspringen seines langgestreckten Konturs. In der Fig. 17 sind auch Punkte für den M. sternohyoideus, den M. thyreohyoideus, den M. stylohyoideus und den hinteren Bauch des M. digastricus angegeben.

M. levator scapulae, oft dicht unter dem Akzessoriuspunkte zu erregen. Hebung der Schulter mit leichter Kopfdrehung nach der gereizten Seite.

M. splenius capitis et colli, dicht unter dem Processus mastoideus. Drehung des Kopfes nach der gereizten Seite.

Platysma myoides, im vorderen Halsdreieck ziemlich weit oben, etwas unterhalb des Zungenbeinniveaus. Wirkung: Anspannung der Halshaut und leichtes Herabziehen des Mundwinkels. Zu seiner Reizung setzt man die Elektrode ganz leicht auf die Haut, ohne irgendeinen Druck auszuüben.

N. recurrens, mit galvanischen Strömen am lateralen Rande der Trachea zwischen Ringknorpel und Sternum oder auf den Schildknorpelplatten reizbar. Strom von $1^1/_2$ MA führt — auch bei einseitiger Reizung — Glottisschluß herbei, bei $2-2^1/_2$ MA tritt während des Stromdurchgangs Erhöhung des Singtons ein, letzteres auch bei faradischer Reizung. — Nn. laryngei superiores an den oberen

Schildknorpelhörnern perkutan, intralaryngeal an der Vorderwand des Sinus piriformis. Wirkung: Senkung der Epiglottis und Näherung zwischen Schild- und Ringknorpel.

Die inneren Kehlkopf- und ebenso die Gaumen- und Zungenmuskeln sind mit Elektroden von entsprechender Größe zum Teil unschwer zu erregen, die Mehrzahl der Kehlkopfmuskeln nur endolaryngeal nach vorheriger Kokainisierung. Erwähnenswert ist, daß bei Bestreichen der Gegend seitlich vom Kehlkopf von oben nach unten mit der Ka des galvanischen Stroms (ca. 15 qcm Querschnitt bei Strömen mittlerer Stärke, 3—6 MA) Schluckbewegungen leicht ausgelöst werden können. Das gleiche erreicht man, wenn man zwei Elektroden der genannten Größe zu beiden Seiten des Kehlkopfs aufsetzt und bei Strömen von 2—5 MA Stromwendungen ausführt (Mann). Faradische Ströme rufen diese Wirkung nicht hervor. Bei Bulbärparalyse ist vereinzelt Aufhebung oder Steigerung dieses Schluckreflexes gefunden worden.

Die Nerven und Muskeln der oberen Extremität.

(S. Fig. 18 und 19 auf den Tafeln.)

Nerven und Muskeln der oberen Extremität.

Zur Untersuchung der Muskeln und Nerven des Arms lege man den leicht im Ellbogen gebeugten Arm des Patienten auf eine Unterlage, am besten auf die eigene, nicht untersuchende Hand. Man umfasse ihn aber nicht mit der Hand und verstelle sich nicht mit dem eigenen Daumen den Effekt der Muskelreizung; man benutze seine eigene Hand (mit nicht opponiertem Daumen) nur, wie gesagt, als Unterlage; je nachdem es sich um rechte oder linke Körperhälfte, um Streck- oder Beugeseite handelt, muß man natürlich die Reizelektrode bald in die rechte, bald in die linke Hand nehmen.

N. radialis, an seiner Umschlagstelle an der Seitenfläche des Oberarms, in der Mitte (nach Frohse an der Grenze zwischen oberem und mittlerem Drittel) der Verbindungslinie zwischen Ansatzpunkt des M. deltoideus und Epicondylus lateralis humeri. An dieser Stelle oder auch etwas nach vorn davon setze man, indem man mit einer Hand den gehobenen und im Ellbogen leicht gebeugten Arm unterstützt, mit der anderen die Reizelektrode mit festem Druck am vorderen (lateralen) Trizepsrand in die Tiefe.

Anm. Gewöhnlich muß man dabei den Druck der Elektrode etwas mehr nach vorn, seltener etwas mehr nach hinten richten; am besten tut man, wenn man sie direkt über die Stelle setzt, an welcher man durch vorhergehendes, vorsichtiges Palpieren den obersten Punkt des Brachioradialis-Ursprungs am Humerus gefühlt hat. — Bei stärkeren Strömen oder bei Verschiebung der Elektrode nach vorn oder hinten treten leicht Kontraktionen des sehr erregbaren Bizeps oder des Trizeps ein, die alle übrigen Wirkungen verdecken.

Wirkung: Kontraktion der Streckmuskeln der Hand und der Finger (des Supinator und des Brachioradialis nicht ganz regelmäßig); also Streckung der Hand und der Finger, ev. auch Ellbogenbeugung. Zu beachten ist: 1. daß der N. radialis für die Ka des

galvanischen Stromes sowie auch für die Ka des faradischen (Öffnungs-) Stromes gewöhnlich viel leichter erregbar ist als für die An und überhaupt schwerer für den faradischen Strom als für den galvanischen. 2. Beim faradischen Strom, besonders bei einigermaßen starken Strömen, hält die Zuckung im Radialisgebiet nicht während der ganzen Dauer des Stromschlusses an, sondern ist meistens nur vorübergehend sichtbar. Das kommt daher, daß der erregbarste Punkt des Nerven einem motorischen Trizepspunkte benachbart ist, und daß durch den sich kontrahierenden Trizeps die Elektrode aus der Tiefe herausgeschleudert und dadurch vom Nerven entfernt wird. — Besonders bei Reizung dieses praktisch wichtigen Nervenpunktes sehe man sich vor, sich nicht mit der eigenen Hand die Wirkung der elektrischen Reizung zu verdecken, ein Fehler, in den Anfänger sehr häufig verfallen. Der Radialis ist auch oben, im hintersten Teile der Achselhöhle, zu reizen, aber gewöhnlich nicht gut vom Axillaris zu trennen.

N. ulnaris: 1. In der Fossa ulnaris medial vom Olecranon. Der Arm des Patienten stehe bei Reizung dieses Nerven in der Schulter gehoben, im Ellbogen halb gebeugt, die Hand mit der Palma schlaff nach unten hängend. Wirkung: Kontraktion der Mm. interossei, des M. adductor pollicis, des M. flexor carpi ulnaris und eines Teils des tiefen Fingerbeugers. Man sieht also: eine Ulnarwärtsbeugung des Handgelenks, eine vollkommene Beugung der zwei oder drei letzten Finger (die Beugung der zweiten und dritten Mittelfingerphalanx ist meist nicht vollständig), eine Adduktion des Zeigefingers an den Mittelfinger und des Daumens an den Zeigefinger; dabei steht der Daumen gestreckt, ebenso die beiden letzten Zeigefingerphalangen. Die charakteristische Stellung bei Ulnarisreizung ist namentlich an der Haltung des Daumens und Zeigefingers zu erkennen und von anderen Reizeffekten zu unterscheiden. Auch am Oberarm (oben im Sulcus bicipitalis internus, unten mehr medial davon) ist der Nerv gut und leicht erregbar.

2. Der untere Teil des Nerven ist dicht über dem Handgelenk an dessen ulnarer Seite zu erregen, wenn man die Elektrode oberhalb des Erbsenbeins eindrückt. Man erhält von dort nur die Adductor-pollicis- und die Interosseus-Wirkung: Adduktion aller Finger gegeneinander, Beugung ihrer ersten, Streckung ihrer letzten Phalangen.

N. medianus. Man reizt ihn am häufigsten 1. in der Mitte der Ellbogenbeuge, meist unmittelbar über dem Oberrande des Lacertus fibrosus. Auch im ganzen Sulcus bicipitalis internus kann man ihn reizen, dort ist aber seine Wirkung oft unrein (nämlich Ulnaris- und Musculocutaneus-Wirkungen dabei). Der Reizeffekt besteht in einer Kontraktion der sämtlichen Hand- und Fingerbeuger, der Pronatoren und der Muskeln des Daumenballens: kräftige, gewöhnlich mit einem Ruck eintretende Hand- und Fingerbeugung, vollkommene Pronation des Vorderarms und Opposition des Daumens. Man wende nur leichten Druck der Elektrode an und halte den Arm des Patienten im Ellbogen gebeugt, mit der Palma nach oben sehend. Die sehr starke, bei

Treffen des Nervenpunktes eintretende Pronation läßt oft die Kontraktion der Daumenballenmuskeln nicht erkennen; man muß dieselbe aber dann sehen, wenn man die Pronation durch Widerstand verhindert.

2. In seinem Verlaufe in der Mitte der Vorderarmbeugeseite ist der N. medianus mehrfach zu erregen, am besten und gewöhnlich ohne jeden Druck direkt über der Mitte des Handgelenks zwischen den beiden dort vorspringenden Sehnen des M. flexor carpi radialis und des M. palmaris longus, oder auch am ulnaren Rande der Sehne des letzteren. Wirkung: Opposition des Daumens (ev. Kontraktion der Lumbricales).

Die Muskeln des Daumenballens, insbesondere M. opponens, äußere Portion des Flexor brevis pollicis und Abductor pollicis brevis, auf dem Ballen nahe der Handwurzel bei schlaffer Haltung leicht zu erregen. Opposition des Daumens, Beugung des Daumen-Metakarpusknochens.

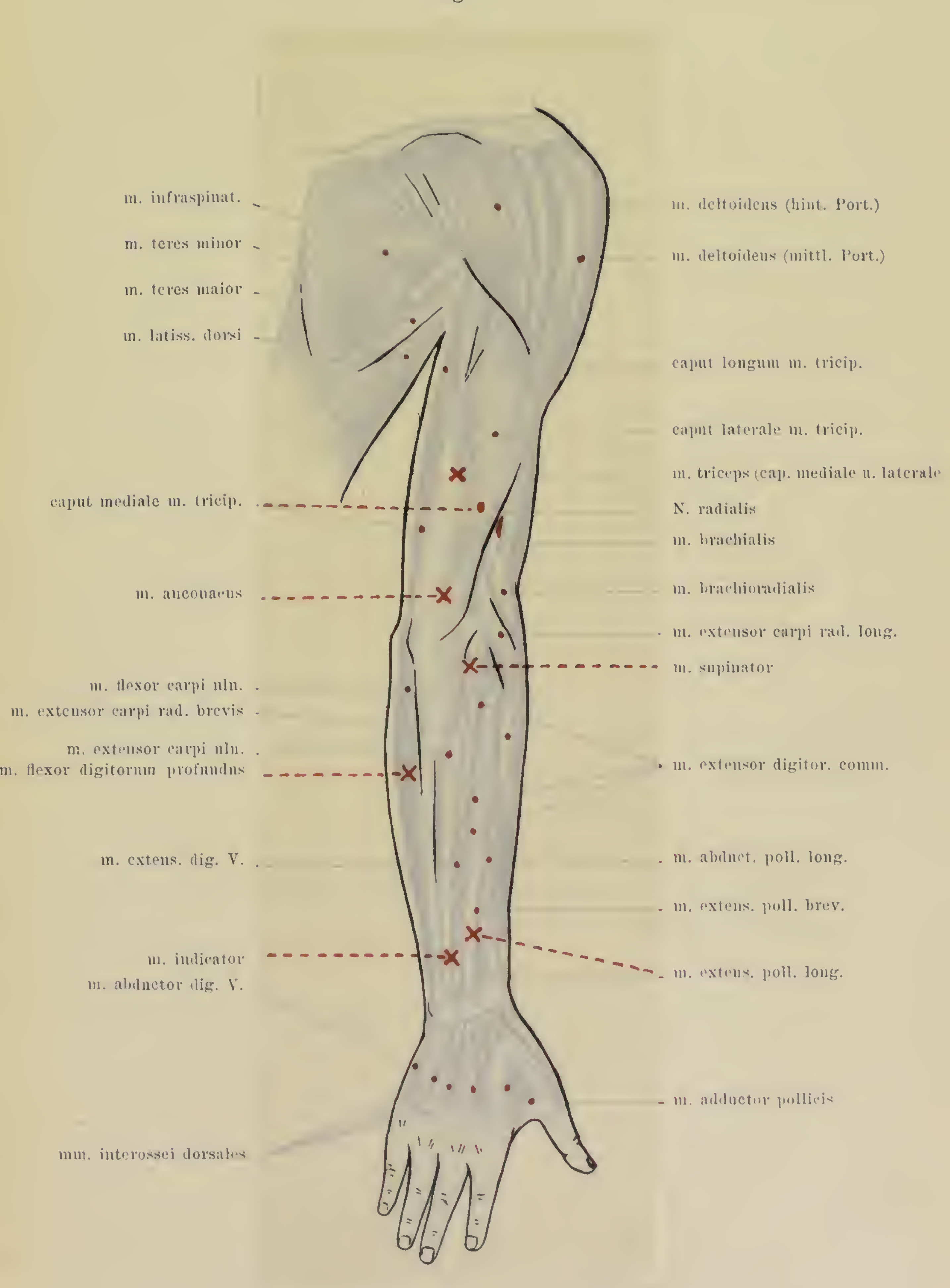
Der M. abductor pollicis brevis, erregbar nahe dem radialen Rande des Daumenballens, proximal, d. h. näher dem Handgelenk als dem Metakarpo-Phalangealgelenk, ist auch zu isolieren, ebenso der

M. adductor pollicis, entweder mit dem Interosseus primus gemeinsam erregbar (s. unten) oder auch, aber nicht regelmäßig, in der Handfläche, ulnarwärts vom Daumenballen, etwa über der Mitte des Zeigefinger-Metakarpus. Diese beiden Muskeln bewirken, gemeinsam mit der inneren Portion des Flexor brevis, Beugung der ersten, Streckung der zweiten Daumenphalanx und Ab- resp. Adduktion.

Mm. interossei und lumbricales, gemeinsam geprüft. Die erregbarsten Punkte liegen an der Dorsalseite der Hand, ziemlich weit proximal (schulterwärts) in den Interossealräumen. Man muß die Elektrode mitunter etwas aufdrücken, um sie zu erregen, und muß darauf achten, daß sie schlaff sind. Die geprüfte Hand hänge mit der Palma nach unten über eine Unterlage, oder der Arzt stütze sie mit seiner eigenen Hand leicht am Karpus oder lasse sie mit der Palma auf seinen Fingern aufruhen, während die Finger des Patienten lose, am besten leicht voneinander getrennt, herunterhängen. Reizung in jedem Interossealraum bewirkt: 1. Näherung der beiden Finger, zwischen denen er liegt, 2. Beugung ihrer ersten Phalanx und Streckung ihrer beiden letzten Phalangen*). Bei Anwendung starker Ströme (die z. B. bei atrophischen Zuständen notwendig ist, um Erloschensein der Erregbarkeit ausschließen zu können) täuschen leicht Stromschleifen auf die langen Fingerbeuger oder -strecker eine Interosseuswirkung vor. Der Anfänger hüte sich davor und achte immer darauf, ob auch wirklich die erste Phalanx gebeugt und die beiden letzten gestreckt werden. Von der Vola aus sind einzelne Interossei volares und Lumbricales mitunter isoliert erregbar.

*) Da bei Lähmung der Interrossei (Ulnarislähmung) die Antagonisten überwiegen, tritt Überstreckung der ersten und Beugung der letzten Phalangen (Klauenhand) ein.

Fig. 18.



Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.



Zwei besonders oft isolierbare Punkte sind (nach Frohse und Fränkel) in der Fig. 19 angegeben.

Die Muskeln des Kleinfingerballens (Mm. opponens, flexor, abductor digiti quinti) werden an der Wurzel des Hypothenar erregt. Sie rufen die im Namen ausgedrückten Wirkungen hervor, sind aber oft bis auf den M. abductor nicht isolierbar.

Um die Muskeln an der Streckseite des Vorderarmes zu prüfen, beuge man den Ellbogen des Patienten und stelle die Hand desselben in leichte Pronation. Man reizt dann den

M. brachioradialis (früher: M. supinator longus) am radialen Übergang von der Streck- auf die Beugeseite des Antibrachium, etwa auf der Höhe seines Muskelwulstes. Diesen Muskelwulst sieht man sofort scharf vorspringen, wenn man den Patienten auffordert, den Ellbogen in der Mitte zwischen Pronations- und Supinationsstellung zu beugen, und dieser Beugung Widerstand leistet. Die Wirkung der elektrischen Reizung ist Beugung im Ellbogengelenk und eine leichte Pronation der Hand (der Name Supinator longus ist falsch). Um die Pronation besser zu sehen, gebe man der Hand des Patienten eine leicht supinierte Stellung. Auch unterhalb der Ellbogenbeuge an der Vorderseite das Antibrachium findet sich ein sehr erregbarer Punkt dieses Muskels.

M. supinator (brevis), an der Streckseite des Vorderarms, etwas distal von der Stelle, wo der palpierende Finger bei Pronations- und Supinationsbewegungen das sich hin- und herdrehende Radiusköpfchen fühlt. Er macht scharfe Supination. Es ist bei diesem oft schwer erregbaren Muskel, der von anderen Muskeln bedeckt wird, ganz besonders häufig zu beobachten, daß er bei vielen Personen nur auf einen der beiden faradischen Pole (bald die An, bald die Ka) reagiert, während man bei Anwendung des anderen Poles von derselben Stelle aus die Wirkung eines anderen Muskels, gewöhnlich eines der Handgelenkstrecker, erhält.

Zwischen den Punkten für die beiden letztgenannten Muskeln, näher dem erregbarsten Punkte des Brachioradialis, liegt der Punkt des

M. extensor carpi radialis longus, sehr weit proximal am Vorderarm: er streckt bei elektrischer Reizung das Handgelenk und bewegt es gleichzeitig radialwärts.

Sein Koergent resp. Antagonist ist am ulnaren Rande der

M. extensor carpi ulnaris, ziemlich nahe dem Ulnarande, etwa vier Fingerbreiten distal vom Olecranon: er streckt auf elektrische Reizung das Handgelenk ebenfalls, bewegt es aber ulnarwärts.

Der Punkt des dritten Handgelenkstreckers, desjenigen, der auf den elektrischen Reiz bei nach oben gerichtetem Handrücken das Handgelenk ziemlich gerade nach aufwärts streckt, des

M. extensor carpi radialis brevis, liegt nahe dem radialen Rande des Vorderarms und etwa vier Fingerbreiten distal von dem Punkte des langen Radialstreckers. Er ist nicht immer vom M. extensor digitorum communis getrennt zu erregen.

M. extensor digitorum communis, an der Vorderarmstreckseite, etwa fingerbreit unter dem Punkte für den M. supinator, aber auch gewöhnlich noch an einem zweiten, fast drei Fingerbreiten distal davon gelegenen Punkte: streckt die ersten Phalangen der Finger und übt auf das Handgelenk eine extendierende Wirkung aus. — Seine zu den einzelnen Fingern gehenden Teile können auch isoliert gereizt werden (s. die Figur); ziemlich konstant erregbar ist besonders der Teil, der den zweiten Finger streckt (dicht proximal vom Reizpunkte des M. abductor pollicis longus). Bei Entartung des Fingerstreckers, z. B. bei Bleilähmung oder Radialis-Schlaflähmung, werden von seinem Punkte gewöhnlich durch Stromschleifen die Fingerbeuger erregt. Bei Bleilähmungen und dgl. kommt es auch oft vor, daß nur einige Teile von ihm pathologische Reaktion zeigen, bzw. ganz unerregbar werden (meistens die mittleren), während die übrigen intakt bleiben. — Besonders ist noch zu erwähnen der mit ihm nicht zusammenhängende und meistens verdeckt liegende

M. indicator (oder extensor indicis proprius), meist sehr weit distal und ulnar, etwa zwei Fingerbreiten oberhalb des Capitulum ulnae reizbar (streckt den Zeigefinger kräftig), und der

M. extensor digiti quinti proprius, proximal und etwas radial von ihm: streckt den kleinen Finger und abduziert ihn ein wenig.

Die Daumenstrecker (Extensor pollicis longus und brevis) und der Abductor pollicis longus, erregbar nahe dem radialen Rande der Streckseite, etwa vier Fingerbreiten über dem (d. h. proximal vom) Handgelenk (hier meistens der Abduktor allein), sowie auch distal und ein wenig ulnar von dem genannten Punkte. Diese Muskeln, von deren Sehnen die des Abductor longus und des Extensor brevis die sog. „Tabatière“ radialwärts, die des Extensor longus sie ulnarwärts begrenzen, bewegen den Daumen in folgender Weise:

Der Extensor pollicis longus extendiert den Daumen und den ersten Metakarpalknochen und führt ihn zum zweiten hin.

Der Extensor brevis abduziert den ersten Metakarpusknochen und streckt die erste Daumenphalanx (bei gebeugter zweiter).

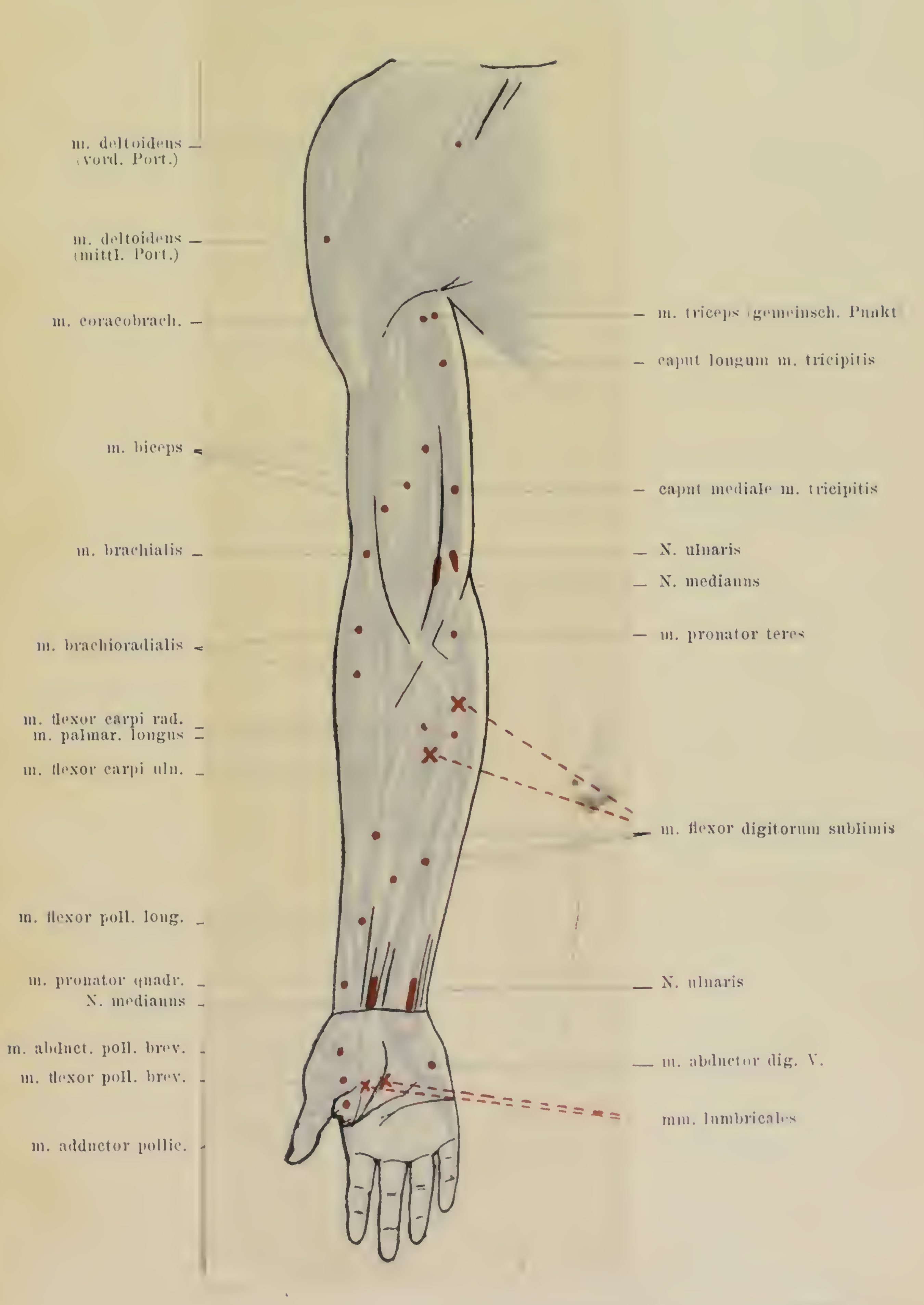
Der Abductor longus bewegt (bei leicht gebeugten Daumenphalangen) den ersten Metakarpusknochen volar und lateral. Sie sind oft schwer zu isolieren. (Näheres s. in der Figur.)

An der Beugeseite des Vorderarmes reizt man die Muskeln, indem man den im Ellbogen leicht gebeugten Arm in halbe Supination stellt. Am meisten ulnar liegt die vom Epicondylus medialis und in dessen Nähe entspringende Handbeuger- und Pronatorengruppe:

der Flexor carpi ulnaris, am weitesten ulnarwärts dicht an der Ulnakante, also bei der supinierten Haltung des hängenden Arms an der Rückseite des Vorderarms, ziemlich dicht unterhalb des Olecranon. Beugt bei der Reizung die Hand ulnarwärts. Proniert nicht.

An der Grenze zwischen oberem und mittlerem Drittel der Vorderarmbeugeseite, im ulnaren Teile reizt man den M. palmaris longus; er beugt bei der Reizung die Hand ziemlich gerade, aber nur schwach.

Fig. 19.



Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.



Seine Sehne springt scharf in der Mitte der Handbeuge hervor, wenn man ihn isoliert hat. Er fehlt nicht selten gänzlich Oft ist er schwer zu trennen vom

M. flexor carpi radialis, dessen Punkt noch ein wenig mehr radial und oft, aber nicht regelmäßig, auch etwas mehr ellbogenwärts liegt. Er beugt bei elektrischer Reizung das Handgelenk und dessen radiale Seite stärker als die ulnare, dabei proniert er auch*). Seine Sehne springt ebenfalls in der Handbeuge vor, und zwar radialwärts von der des Palmaris longus. Zwischen diesen beiden Sehnen ist oft nur ein enger Zwischenraum.

Unweit von diesen drei Handgelenkbeugern, welche drei Handgelenkstreckern an der Extensorenseite entsprechen, liegt — und zwar am meisten proximal — der erregbarste Punkt des

M. pronator teres, meistens dem Ulnarrande der Beugeseite sehr nahe und nur wenig unterhalb oder direkt in der Beugelinie des Ellbogengelenks. Die Lage dieses Punktes zeigt aber bei verschiedenen Personen ganz besonders oft Verschiedenheiten. Der Muskel proniert auf elektrische Reizung scharf und bis zur äußersten Grenze, ohne das Handgelenk oder die Finger zu bewegen. Dadurch kann man seine Wirkung besonders von der des oft nahe gelegenen N. medianus unterscheiden, von dessen Punkt aus übrigens gleichzeitig eine Reizung der Daumenballenmuskeln zu erfolgen pflegt.

Außer diesen Muskeln, die zu isolieren und in ihrer Wirkung zu erkennen für den Anfänger oft keine leichte Aufgabe ist, sind an der Vorderarmbeugeseite zu merken:

M. flexor pollicis longus, im distalen Drittel der Beugeseite ziemlich dicht am Radialrande. Macht Beugung der Endphalanx des Daumens.

Die Mm. flexores digitorum, sublimis und profundus, von denen der erstere die zweiten, der letztere die dritten Fingerphalangen beugt, sind an mehreren, im oberen. mittleren und unteren Vorderarmdrittel verstreuten Punkten zu treffen, besonders leicht der sublimis. Den oberflächlichen Beuger des Zeigefingers speziell findet man häufig. wenn man die Elektrode mit einem gewissen Druck zwischen die am Handgelenk vorspringenden Sehnen des Pronator teres und Flexor carpi radialis setzt, etwa drei bis vier Finger breit proximal vom Gelenk. (Im übrigen s. die Figuren.)

An besonders kräftigen Armen kann man in der Gegend der Radialpuls-Palpation den M. pronator quadratus reizen. Einen zweiten Reizpunkt für diesen Muskel findet man (nach Frohse und Fränkel), wenn man an der Vorderarmstreckseite ziemlich dicht über dem Handgelenk einen starken Elektrodendruck in die Tiefe ausübt.

Am Oberarm erregt man den M. biceps in passiver leichter Beugestellung des Ellbogens und schwacher Pronation der Hand; sein

*) Frohse und Fränkel bestreiten die Pronationswirkung der elektrischen Reizung dieses Muskels.

erregbarster Punkt liegt meist auf der Höhe seines Muskelwulstes, ein besonderer Punkt für den langen Kopf lateral-abwärts, einer für den kurzen Kopf medial-aufwärts davon. Es ist ein sehr erregbarer Muskel, dessen Wirkung bei Reizung kräftige Ellbogenbeugung und eine leicht sichtbare Vorderarmsupination ist; also teils Mitwirker, teils Gegenwirker des Brachioradialis, der auf elektrische Reizung den Ellbogen beugt und den Vorderarm proniert. Der dritte Ellbogenbeuger, der

M. brachialis (internus), der bei elektrischer Erregung den Ellbogen ohne Nebenwirkung beugt, ist an der medialen Seite des Bizeps unter normalen Verhältnissen gewöhnlich nicht zu isolieren, weil entweder dieser oder die Nervenstämme im Sulcus bicipitalis internus auf die Reizung antworten. Sein Punkt liegt hinter dem Bizeps, etwa im distalen Oberarmdrittel medial. Wenn man aber den Bizeps hochhebt und die Elektrode dahinter schiebt, kann man ihn mitunter reizen. Regelmäßiger erregbar ist er an dem in der Fig. 18 bezeichneten Punkt lateral vom Bizeps, zwischen diesem, dem Trizeps und dem oberen Rande des Brachioradialis. Man sieht dann schwache Beugung eintreten. Diesen drei Ellbogenbeugern entspricht ein dreiteiliger Ellbogenstrecker, der

M. triceps. Der gemeinschaftliche Punkt für seine drei Capita liegt ganz proximal und medial am Oberarm, nahe der Achselhöhle, ein gemeinschaftlicher Punkt für das Caput mediale und laterale etwa handbreit proximal vom Olecranon, also etwa an der Grenze des distalen und mittleren Oberarmdrittels. Die drei Capita, Caput longum, C. mediale und C. laterale, sind teils von medial, teils von hinten her auch getrennt zu reizen. Der erregbarste Punkt des M. anconaeus (quartus) findet sich nicht auf dem Muskel selbst, sondern am Oberarm an der in der Figur angegebenen Stelle. — Man sieht die Trizeps-Wirkung am besten, wenn der Ellbogen schon in halber passiver Streckung steht.

M. coracobrachialis s. die Fig. 19.

Der M. deltoideus wird in drei Portionen erregt, 1. vordere Portion, unweit unterhalb des Processus coracoideus, nahe dem medialen Rande des Muskelwulstes. Er ist gut erregbar und hebt den Humerus nach vorn; — 2. mittlere Portion, lateral vom vorigen, senkrecht über dem Ansatzpunkt, etwas unterhalb der Mitte des Muskelwulstes. Hebt den Humerus mäßig kräftig nach der Seite; — 3. hintere Portion, hinter dem vorigen, aber wieder etwas weiter nach oben. Hebt den Humerus schwach nach hinten. Die beiden letzten Portionen sind viel weniger erregbar als die erste.

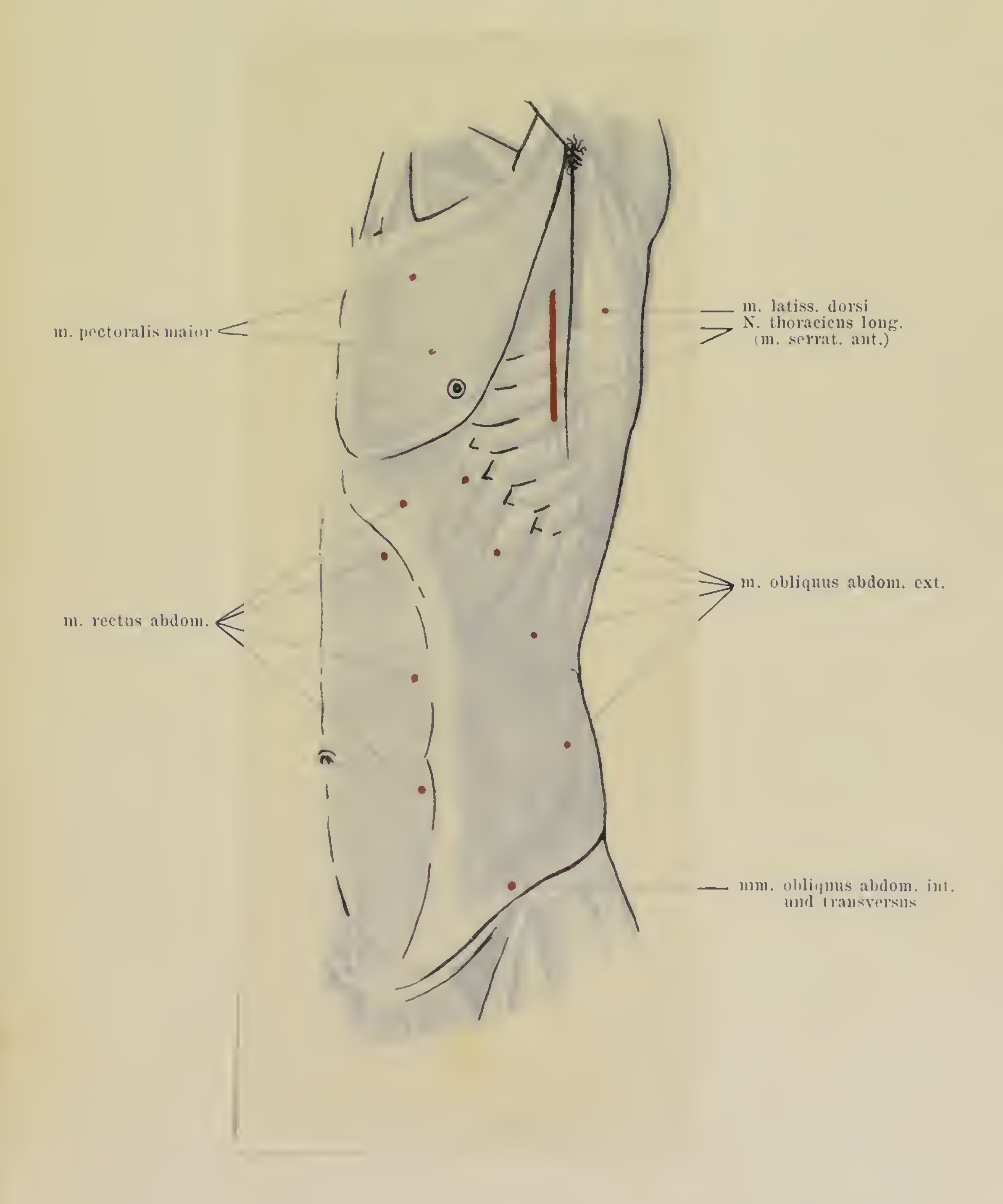
Die Muskeln des Rumpfes.

(S. Fig. 20 auf der Tafel.)

Die Muskeln des Rumpfes.

Die Rumpfmuskeln sind bis auf wenige Ausnahmen schwer erregbar: man braucht starke faradische Ströme, um deutliche Wirkungen zu sehen. Da aber einige von ihnen, z. B. die Schulterblattmuskeln, große praktisch-klinische Bedeutung haben, so lohnt es sich für den Praktiker wohl, sich um das Aufsuchen dieser Punkte zu bemühen.

Fig. 20.



Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

M. cucullaris oder trapezius. Man kann drei Portionen unterscheiden: 1. Die obere Portion, am besten von vorn her am oberen Rande der Supraklavikulargrube, oberhalb des Akzessoriuspunktes erregbar oder auch vom Nacken her am freien Rande des Muskels. Wirkung der Reizung: vorwiegend Neigung des Hinterkopfes nach der gereizten Seite mit Hebung des Kinns nach der entgegengesetzten; nur geringfügige Wirkung auf die Schulter. Diese Muskelportion gehört zu den am leichtesten erregbaren muskulären Gebilden des Körpers. 2. Die mittlere Portion, etwa im Höhenniveau der Spina scapulae — oder auch mehr oberhalb — etwa in der Mitte zwischen medialem Schulterblattwinkel und Wirbelsäule. Wirkung: kräftige Hebung der Schulter. 3. Untere Portion, einige Finger breit unterhalb des vorigen Punktes erregbar. Wirkung: Adduktion des Schulterblattes an die Wirbelsäule. Die zweite und dritte Portion des Muskels sind meist nur mit stärkeren Strömen zu reizen.

M. latissimus dorsi (s. Fig. 18 u. 20), am besten bei herabhängendem Arm medial vom unteren Skapulawinkel an der Stelle zu reizen, wo der Muskelwulst, nach der Achselhöhle zu ziehend, die seitliche Thoraxwand erreicht. Er adduziert bei elektrischer Reizung den herabhängenden Humerus an den Thorax und zieht ihn nach hinten.

M. supraspinatus, nahe dem akromialen Ende der Fossa supraspinata, nur dann erregbar, wenn der Cucullaris atrophisch ist. Sein Nervenpunkt ist von der Supraklavikulargrube aus gelegentlich zu erregen.

M. infraspinatus (s. Fig. 18), im Gegensatz zum vorigen bei den meisten Personen mit mittleren Strömen etwa in der Mitte der Fossa infraspinata erregbar. Er ist ein kräftiger Auswärtsroller des Humerus und unterstützt somit die Supinationsbewegung. Bei frei herabhängendem Arm und leicht gebeugtem und unterstütztem Vorderarm kann man die Wirkung durch elektrische Reizung schön demonstrieren. Der N. suprascapularis, der diesen und den vorgenannten Muskel versorgt, ist in der Fossa supraclavicularis oft erregbar, und zwar zwischen der in Fig. 17 für den Erbschen Punkt und der für den N. thoracicus longus angegebenen Stelle.

Mm. rhomboidei, der direkten elektrischen Reizung bei intaktem Cucullaris in dem zwischen dem lateralen Cucullarisrand, dem oberen Latissimusrand und dem medialen Schulterblattrand gelegenen Muskelfelde zugänglich (indirekte Reizung s. oben S. 41). Sie ziehen die Skapula schräg von unten-lateral nach oben-medial an die Wirbelsäule, indem sie den unteren Winkel des Schulterblatts heben.

Mm. teretes, lokaler Reizung zugänglich, besonders der M. teres maior (s. Fig. 18). M. subscapularis ist unter normalen Verhältnissen nicht erregbar, ebensowenig gewöhnlich der Serratus posterior. Den Nerven für den M. subscapularis kann man indessen nicht selten von der Supraklavikulargrube aus isoliert reizen.

M. iliocostalis, mit starken Strömen zwischen letzter Rippe und oberem Darmbeinrand oft, aber schwer erregbar. Wirkung: Neigung der Wirbelsäule nach der gereizten Seite. —

M. serratus anterior, dessen indirekte Reizung von der Oberschlüsselbeingrube schon oben (S. 40) erwähnt ist, ist in der Achselhöhle in einer dem Nervenverlauf entsprechenden, etwa den Höhlenwinkel halbierenden Linie erregbar. Wirkung: Vorspringen seiner Zacken, Andrücken der Skapula an den Thorax, stoßartige Hebung der Skapula und Bewegung derselben nach vorn und lateral.

M. pectoralis maior (indirekte Erregung von den Nn. thoracici anteriores s. S. 40), direkt an mehreren Stellen der vorderen Brustwand reizbar, näher seinem Ursprung (an der Klavikula, am Sternum und an den Rippen) als seiner Insertion. Wirkung: Adduktion des Humerus an den Thorax.

Mm. intercostales, am oberen Rande der Interkostalräume mit einer Elektrode von sehr kleinem Querschnitt zu reizen; elektrische Erregung schwer und praktisch unwichtig.

M. rectus abdominis, am lateralen Rande seines Muskelbauches, also etwa 3—4 Querfinger lateral von der Medianlinie; besonders erregbar ist meist ein Punkt unweit der Stelle, wo der laterale Muskelrand den Rippenbogen erreicht. Wirkung der Reizung: Einziehung des Bauchs auf der gereizten Seite.

M. obliquus abdominis externus, lateral vom letztgenannten Punkte, am Rippenbogen; Reizung unwichtig. Wirkung der Reizung: Verziehung des Nabels nach der gereizten Stelle.

Am untersten Teile der seitlichen Bauchgegend kann man eine gemeinsame Reizung des M. obliquus abdominis internus und des M. transversus abdominis vornehmen.

M. iliopsoas ist wegen seiner Tieflage der elektrischen Reizung nicht zugänglich.

Die Nerven und Muskeln der unteren Extremität.

(S. Fig. 21—24 auf den Tafeln.)

Die Nerven und Muskeln der unteren Extremität.

An der unteren Extremität ist das Aufsuchen der erregbarsten Punkte darum oft schwieriger als an der oberen, weil — abgesehen von dem größeren Reichtum an Varianten — häufig eine viel dickere Schicht (Haut, Bindegewebe, besonders Fett) zwischen Elektrode und Nerv bzw. Muskel sich befindet, so daß bei der Neigung des elektrischen Stromes zur Schleifenbildung ein großer Teil des Stromes in dem gut leitenden Zwischengewebe verloren geht, ehe ein Bruchteil den Muskel oder Nerven erreicht. Es bedarf deshalb, namentlich am Oberschenkel, häufig großer Stromstärken, um sichtbare Wirkung zu erzielen, einige tiefliegende Punkte sind bei vielen Individuen überhaupt nicht zu treffen.

Über die Stellung, die man dem zu untersuchenden Bein gibt, um schlaffe Muskeln vor sich zu haben, s. oben S. 33. Am bequemsten ist es, wenn man beim Apparat einen Divan oder dgl. hat, auf welchem der Patient während der Untersuchung der Beinvorderseite in Rückenlage, der Beinhinterseite in Bauchlage liegt. — Von Nervenpunkten sind zu nennen:

Fig. 22.

obturatorius

adduct. long.
gracilis

rectus femoris

adduct. magn.

vastus medialis

m. tensor fasc. lat.

N. femoralis

m. pectineus

m. sartorius
m. quadriceps
(gemeinsch. Punkt für
m. rectus u. vast. lat.)

m. vastus lateralis

Fig. 21.

m. gastrocnemius
m. peroneus longus
m. tibialis anterior

m. soleus

m. extensor halluc.
brevis

N. peroneus

m. extensor dig.
longus

m. peroneus brevis

m. extensor halluc.
long.

m. extensor digitor.
brevis

Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

N. femoralis, am Ende des medialen Drittels des Poupartschen Bandes, mit kräftigem Druck der Elektrode nach oben, lateral und hinten unschwer erregbar. Wirkung: Kontraktion des M. quadriceps femoris und des M. sartorius (starke Streckung des Beins im Knie).

N. obturatorius, schwieriger als der vorige, dicht neben der Symphyse zu reizen, mit aufgedrückter Elektrode und kräftigen Strömen. Wirkung: Kontraktion der Adduktoren.

N. ischiadicus, an der Rückseite des Oberschenkels, gewöhnlich nur bei mageren Personen mit starken Strömen und tiefem Elektrodendruck zu erhalten. Wenn man vier Finger breit lateral vom Tuber ischiadicum zwischen diesem und dem Trochanter maior zur Mitte der Kniekehle eine Linie gezogen denkt, so ist der Nerv, wenn überhaupt, an einer Stelle dieser Linie (häufiger in ihrem obersten Teile) zu treffen. Wirkung der Reizung: Beugung des Unterschenkels und Dorsal- resp. Plantarflexion des Fußes. Gewöhnlich überwiegt die Dorsalflexion. Unterschenkelbeugung allein könnte auch durch direkte Reizung der benachbarten Muskeln hervorgerufen sein.

Die Äste des Ischiadikus sind viel erregbarer als der Stamm, besonders leicht reizt man den

N. peroneus, im lateralen Winkel der Kniekehle, indem man die Elektrode (event. bei Rückenlage des Patienten und) bei leicht gebeugtem Knie dicht am medialen Rande der Sehne des M. biceps femoris aufsetzt und den Druck in der Richtung nach lateralwärts hinter die Sehne zu führt. Auch von da distal bis zum Capitulum fibulae und noch etwas abwärts kann man diesen sehr erregbaren Nervenpunkt finden. Die Wirkung ist eine brüske Dorsalflexion des Fußes in ziemlich grader Richtung mit Vorspringen der Muskelbäuche und Sehnen an der lateralen Fläche des Unterschenkels und am Dorsum pedis (Mm. peronei longus und brevis, Mm. extensores digitorum communes longus und brevis, tibialis anterior, extensor hallucis longus).

N. tibialis: 1. In der Mitte der Kniekehle oder ein wenig mehr proximal, ziemlich oberflächlich und leicht (wenn auch nicht so leicht wie der vorige) zu erregen. Wirkung: Kontraktion der Muskeln an der Wade und der Planta pedis: Kräftige Plantarflexion, Beugung der Zehen. Man achte auf die Zehenbeugung oder die Runzelung der Fußsohlenhaut, die die Reizung dieses Nerven gewöhnlich begleitet. Wenn sie nicht da ist, überzeuge man sich, ob die gesehene Wirkung nicht auf Reizung des Muskelastes für den Triceps surae zurückzuführen ist. 2. Ein Punkt, von dem man oft eine alleinige Wirkung der Fußsohlenmuskulatur erhält, liegt unweit des Malleolus medialis, medial von der Achillessehne.

Die Muskeln der unteren Extremität, die zu erwähnen sind, sind folgende: an der Vorderfläche

M. quadriceps femoris. Gemeinsame Reizung des lateralen und graden Kopfes meist im proximalen und lateralen Teile der Vorderfläche des Oberschenkels, etwa am Ende des oberen Drittels

des Femur: Streckung des Knies, Bewegung der Patella ziemlich grade aufwärts. Gut erregbar. Einzelreizung des Astes für den

M. vastus medialis etwa vier Fingerbreiten oberhalb der Patella, also ziemlich weit distal, an der medialen Fläche des Muskelwulstes; sehr leicht erregbar. Wirkung: Bewegung der Patella nach oben und medial.

M. vastus lateralis, an der lateralen Fläche des Muskelwulstes, aber mehr proximal als der vorige; gewöhnlich nicht so leicht wie dieser erregbar. Wirkung: Bewegung der Patella nach oben lateral.

Auch der M. rectus femoris kann medial und unterhalb vom gemeinsamen Punkte (s. oben) isoliert werden.

M. sartorius, etwa im oberen Drittel seines Muskelbauches oft isoliert zu reizen. Bei einigermaßen starken Strömen wird durch Mitkontraktion des Quadrizeps die Isolation vereitelt. Wirkung der elektrischen Reizung: Vorspringen des Muskelbauches; ein lokomotorischer Effekt ist gewöhnlich nicht zu erzielen.

Mm. adductores, in dem großen, vom Sartorius und der Leistenbeuge begrenzten Adduktorendreieck an verschiedenen Punkten. Adduzieren kräftig. Es ist oft nicht leicht, aber auch nicht wichtig, sie zu isolieren. In Fig. 22 und 24 sind die einzelnen Punkte angegeben.

M. tensor fasciae latae, an der lateralen Fläche des Oberschenkels hoch oben, unweit unterhalb der Crista iliaca. Bei starken Strömen sieht man von dort aus Spannung der Faszie und mitunter schwache Innenrotation des Beins.

M. tibialis anterior, am Unterschenkel, dicht lateral neben der Tibiakante, gewöhnlich etwa zwei bis drei Finger breit unterhalb der Kniescheibe. Wirkung: Hebung des medialen Fußrandes. Man sieht bei nicht zu starkem Fettpolster den Muskelbauch und die Ansatzsehne lateral neben der Tibiakante vorspringen. Fast regelmäßig und unschwer erregbar.

M. peroneus longus, etwa in demselben Höhenniveau, aber viel weiter lateral, nämlich unmittelbar distal vom Capitulum fibulae. Ebenfalls fast regelmäßig zu reizen. Wirkung: Senkung des medialen Fußrandes, Herabdrücken des Ballens der großen Zehe. (Letzteres fühlt man gut, wenn man mit der eigenen Hand während der elektrischen Reizung den Großzehenballen des Patienten nach oben drückt.) Eine eigentliche Abduktion macht dieser Muskel nicht.

M. peroneus brevis, kann distal vom vorigen an der Grenze von mittlerem und distalem Drittel des Unterschenkels bei ziemlich starken Strömen nicht selten erregt werden. Macht eine reine, aber schwache Abduktion des Fußes.

M. extensor digitorum longus, zwischen Tibialis anterior und Peroneus longus etwa in der Mitte, aber weiter distal, etwa handbreit unter der Patella, nicht regelmäßig zu isolieren. Macht eine Fußabduktion und -dorsalflexion und streckt die Zehen schwach, wobei die Sehnen am Fußrücken und über dem Gelenk vorspringen. Bei

Fig. 24.

m. glutaeus med.
m. glutaeus max.
m. biceps femoris
N. peroneus
m. adduct. magn.
m. semitendin.
m. semimembr.
N. tibialis

Fig. 23.

N. peroneus
m. soleus
m. flexor digitor. long.
m. flexor halluc. long.
N. tibialis
m. gastrocnem.
N. tibialis

Verlag von S. Karger in Berlin NW 6.

kräftigen Personen ist ein zweiter, oft sogar noch besserer Erregungspunkt proximal vom Punkte des M. peroneus longus, zwischen diesem Muskel und dem M. tibialis anterior zu finden.

M. extensor hallucis longus, an wechselnder Stelle oberhalb des Fußgelenks, sehr nahe der Tibiakante; ebenfalls nicht regelmäßig isolierbar. Wirkung: Streckung der Grundphalanx des Hallux.

M. extensor digitorum brevis, auf dem Fußrücken in der Nähe der Dorsalflexionslinie des Fußes, ziemlich weit lateral von der Fußmittellinie, streckt die Zehen kräftig.

Den M. extensor hallucis brevis reizt man ebenfalls auf dem Fußrücken, medial von dem kurzen Zehenstrecker.

M. abductor digiti quinti: am lateralen Fußrande zu reizen, abduziert die kleine Zehe. Reizung unwichtig; ebenso die der Mm. interossei (letztere wie an der oberen Extremität).

An der Rückseite der unteren Extremität sind zu merken:

M. glutaeus maximus, an mehreren Punkten seines Wulstes ziemlich gut erregbar, am leichtesten etwa in der Mitte. Wirkung der elektrischen Reizung: Hebung und Adduktion der Hinterbacke.

M. glutaeus medius, bei manchen Personen, aber keineswegs regelmäßig, etwas oberhalb des vorspringenden Trochanter maior, unterhalb der Crista iliaca mit starken Strömen zu reizen, relativ am besten, wenn der Patient stehend sich auf beide Hände und das nicht untersuchte Bein stützt, während das untersuchte schlaff herabhängt. Wenn die Reizung gelingt, sieht man Hüftstreckung und Beinabduktion.

Von den drei Unterschenkelbeugern findet man die

Mm. semitendinosus und semimembranosus etwa im oberen Drittel nahe dem medialen Rande der hinteren Fläche des Oberschenkels; den

M. biceps femoris meistens nur wenig lateral davon. Für den M. semimembranosus und den kurzen Kopf des M. biceps finden sich auch Reizpunkte unweit oberhalb der Kniekehle.

Diese drei Muskeln bedürfen zu ihrer Reizung gewöhnlich starker Ströme. Die Wirkung der Reizung ist in der Regel nur ein Vorspringen ihrer Muskelbäuche und Sehnen, der Sehne des Bizeps am lateralen, derer des Semitendinosus und Semimembranosus am medialen Rande der Kniekehle. Von Unterschenkelbeugung sieht man bei elektrischer Reizung gewöhnlich nichts oder nur sehr wenig.

M. gastrocnemius, an mehreren Punkten unterhalb der Kniekehle, gewöhnlich besser in seinen proximal und randwärts gelegenen Teilen erregbar. Man sieht, daß er den Fuß plantarflektiert, wobei der Fuß mit den Zehen medialwärts gedreht wird.

M. soleus, distal davon an den vom Gastrocnemius nicht bedeckten Seitenteilen gewöhnlich leicht isolierbar (s. Fig. 23).

M. flexor hallucis longus, in der Fossa retromalleolaris lateralis, also lateral von der Achillessehne, beugt das Endglied der großen Zehe.

M. flexor digitorum longus, in der Fossa retromalleolaris medialis, dicht beim unteren Tibialispunkt, medial von der Achillessehne, beugt die Zehen.

Die Muskeln der Planta pedis sind (bis auf den gewöhnlich gut erregbaren M. abductor hallucis) nur in den seltensten Fällen und nur mit starken Strömen isolierbar. Da sie auch ein praktisches Interesse wohl nur selten beanspruchen, dürfen sie unerwähnt bleiben.

Bei faradischer Reizung hinter der Tuberositas ossis metatarsi quinti mit Elektrodendruck nach vorn und medialwärts tritt nach F. H. Lewy in Fällen von Pyramidenbahn-Läsion reflektorische Dorsalflexion der großen Zehe ein (elektrische Auslösung des Babinskischen Phänomens).

Der Gang einer elektrischen Untersuchung ist nach dem oben Gesagten der folgende:

Nehmen wir als einfachstes Beispiel die Erkrankung eines einzelnen Muskels einer Körperhälfte, z. B. des linken M. extensor digitorum communis brachii, so beginnt die Untersuchung an der gesunden Körperseite damit, daß man den gesunden, also in unserem Beispiel den rechten Extensor digitorum aufsucht: Man setzt eine indifferente, gut mit warmem Wasser durchtränkte Plattenelektrode aufs Sternum oder in die Gegend des Os sacrum oder an den Nacken (wozu besondere, zweckmäßig konstruierte Nackenelektroden, Fig. 25, verwendet werden können). Diese Elektrode hält der Patient entweder mit der nichtuntersuchten Hand am Sternum fest, oder sie wird im Rockkragen resp. in den die Hüfte umgebenden Kleidungsstücken so befestigt, daß sie der Haut direkt aufliegt. (Man beachte, daß sich nicht Teile der Kleidung dazwischen schieben.) Von Zeit zu Zeit muß man im Laufe längerer Untersuchung nachsehen, ob die Elektrode genügend befeuchtet ist. Es genügt nicht ein bloßes einmaliges Eintauchen in Wasser, sondern es ist (zumal bei neuen Elektroden) eine völlige Durchtränkung erforderlich. Auch überzeuge man sich, daß die Elektrodenschraube das Ende der Leitungsschnur gut faßt, und daß auch das andere Ende der Leitungsschnur fest verschraubt ist. Der Querschnitt der indifferenten Elektrode beträgt (nach Cluzet, s. oben S. 34) am besten immer 100 qcm. — Sodann wählt man die Reizelektrode, die in der Regel mit einem Unterbrecher versehen ist. Ihr Querschnitt sei zu Untersuchungszwecken gewöhnlich 3 qcm (Normalelektrode nach Stintzing s. S. 34); nur an einigen motorischen Punkten, die im oben Besprochenen besonders genannt sind, ist ein kleinerer Querschnitt zweckmäßig. Der Querschnitt dieser Elektrode muß im Protokoll notiert werden, also: **E.—Q. = 3 qcm.** Auch diese Elektrode durchfeuchte man gut und überzeuge sich davon, daß der Unterbrecher gut funktioniert, daß nicht z. B. ein am Kontakt sitzendes Wassertröpfchen oder ein eingeklemmtes

Fig. 25.

Härchen u. dgl. den Betrieb insofern stört, als dadurch auch bei geöffnetem Unterbrecher ein dauernder Stromschluß oder bei geschlossenem eine dauernde Unterbrechung herbeigeführt wird.

Dann leite man*) durch die gemeinsamen Polklemmen den faradischen (sekundären) Strom (s. S. 18), indem man 1. die Kurbel des Wechselapparates auf den für den Induktionsstrom bestimmten Kontakt (S in Fig. 5) rückt, 2. den Rheostaten ganz ausschaltet und 3. den Primärstrom schließt (in Fig. 5 auf dem Klötzchen bei J stöpselt), wonach sofort das durch den Wagner-Neefschen Hammer hervorgerufene schnurrende Geräusch beginnt. Der Abstand der sekundären von der primären Rolle sei dabei zunächst maximal, also der Strom minimal. Nun setze man die Reizelektrode auf den zu untersuchenden Muskel geöffnet auf, indem man nämlich mit dem Daumen auf dem Unterbrecherhebel die Feder herunterdrückt. Man fasse die Elektrode dabei in die volle Faust, nicht schreibfederartig oder dgl. — Man setze sie zunächst auf den Punkt des Muskels, der vermutlich oder erfahrungsgemäß (s. die Tafeln, Fig. 17—24) der erregbarste ist; und indem man mit der freien Hand die sekundäre Rolle langsam über die primäre schiebt und somit den Strom allmählich verstärkt, führe man mit der bewaffneten Hand unter Benutzung des Unterbrechers, nämlich durch rasches Loslassen des Daumens von der Unterbrecherfeder, bei verschiedenen Rollenabständen Schließungen aus und überzeuge sich jedesmal, ob der Muskel schon reagiert, d. h. ob eine Zuckung erfolgt. Daß der Muskel entspannt sein muß, ist oben (S. 33 f.) schon betont worden; dort sind auch die Wege, um das zu erzielen, angegeben.

Anm. Der Pol, dessen man sich zur faradischen Reizung bedient, sei gewöhnlich die Kathode (s. S. 27).

Sobald man eine Zuckung des Muskels sieht, überzeuge man sich zunächst von ihrer Qualität, also davon, ob sie tetanisch ist, ob sie sofort bei Stromschluß mit einem Rucke einsetzt und ebenso bei Stromöffnung sofort mit einem Rucke verschwindet, resp. ob irgend etwas von der Norm Abweichendes zu bemerken ist. — Der Anfänger tut besser, sowohl die Untersuchung mit dem galvanischen als die mit dem faradischen Apparat bei nicht zu geringer Stromstärke zu beginnen, damit er Gelegenheit hat, sich zunächst einmal vom Vorhandensein einer Zuckung überhaupt, und alsdann von deren Qualität zu überzeugen. Der Geübtere hingegen verzichte auf dieses, für die Exaktheit des Resultates nicht ganz unbedenkliche Hilfsmittel (vgl. Fußnote S. 58).

Alsdann suche man — durch kleine Verschiebungen der sekundären Spirale — festzustellen, ob die gesehene Zuckung tatsächlich die Minimalzuckung ist, resp. denjenigen Stand der Rollen zu finden,

---

*) Die Darstellung rechnet hier notgedrungen mit einem Apparat bestimmter Konstruktion und wählt dazu naturgemäß den schon früher beschriebenen und abgebildeten (Fig. 4 und 5). Es muß jedem Besitzer eines anderen Instrumentariums überlassen bleiben, das hier Beschriebene mutatis mutandis auf den eigenen Apparat zu übertragen.

bei dem diese minimale, eben sichtbare Zuckung eintritt. Und wenn man das Gesuchte gefunden zu haben glaubt, dann prüfe man (indem man die geöffnete Unterbrecher-Elektrode gleichsam tastend in der Nachbarschaft des gefundenen Punktes an verschiedenen anderen Punkten des Muskelverlaufs aufsetzt und an jedem derselben 1—2 Schließungen macht, oder indem man die geschlossene Elektrode streichend über den ganzen Muskel führt), ob man nicht bei der vorher konstatierten, anscheinend minimalen Stromstärke an anderen Stellen noch größere, ausgiebigere Kontraktionen sieht. Die Stelle, an der die Kontraktion bei der geringsten Stromstärke am kräftigsten auftritt, ist der tatsächlich erregbarste Punkt. Diesen Punkt markiere man am besten durch Umziehung der aufsitzenden Elektrodenkappe mit einem Blaustift, oder man halte die Elektrode unverschoben auf dem Punkt, bis die ganze Untersuchung beendet ist. Schon eine geringe Verschiebung oder Neigung kann die Resultate verändern.

Wenn man in der geschilderten Weise die Minimalzuckung festgestellt hat, notiere man in der bald zu erwähnenden Tabelle den Rollenabstand (RA), bei dem diese Zuckung gesehen wurde, indem man ihn in Millimetern an der Skala abliest, also z. B.:

M. extensor dig. comm. rechts faradisch: 120 mm RA.

Dazu notiere man etwaige qualitative Veränderungen. Ist die Qualität normal, so kann das unerwähnt bleiben.

Alsdann schalte man den faradischen Strom aus und leite an seiner Stelle den konstanten Strom von den gemeinschaftlichen Polklemmen ab, indem man die Kurbel des Stromwechslers auf den für den galvanischen Strom bestimmten Kontakt (C in Fig. 5) dreht, den Rheostaten auf 0 stellt, den faradischen Strom ausschaltet (in Fig. 5 durch Entfernung des Stöpsels bei J) und eine beliebige Anzahl von Elementen mittels des Elementenzählers einschaltet*); nunmehr mache

---

*) Bei erfahrungsgemäß leicht erregbaren Muskeln oder Nerven wählt man im allgemeinen eine geringere Elementenzahl (5, 10, 15), bei schwerer erregbaren eine größere. In den letzten Jahren wird jedoch für exakte Untersuchungen auf die Größe der elektromotorischen Kraft ein besonderer Wert gelegt: Dubois (Bern) hat nämlich, gegenüber den im Ohmschen Gesetz ausgedrückten Verhältnissen, die Meinung verfochten, daß nicht immer die Stromintensität, also der Wert $\frac{E}{W}$, (s. S. 6) maßgebend für die Wirkung des galvanischen Stromes ist, sondern daß speziell die Kathodenschließungs-Zuckung bei Nervenreizung im „variablen Zustande", d. h. in der Phase des Anstiegs der Kurve der elektromotorischen Kraft vom Nullpunkt bis auf die endgültige Intensität, eintritt, und daß in dieser variablen Phase der Stromintensität eben wegen ihrer Variabilität naturgemäß der Effekt im wesentlichen von der elektromotorischen Kraft — der Spannung — des Stromes abhängt, während der Widerstand des Körpers in dieser Phase einen konstanten, ziemlich niedrigen Wert darstellt. Tatsächlich kann man ja beispielsweise bei voller Einwirkung von 10 Elementen dieselbe Stromstärke (in MA) erzielen wie bei partieller (durch den Rheostaten abgeschwächter) Einwirkung von 20 Elementen, und doch tritt mitunter im zweiten Falle eine Zuckung ein, im ersten nicht. Man müßte sich, wenn Dubois' Theorie richtig ist, die Wirkung einer galvanischen Kathodenschließung in der „variablen Phase" ähnlich denken wie die des Funkens einer Influenzmaschine (s. Kapital 10), der ja ebenfalls in seiner

man (ev. mittels des Stromwenders) die Reizelektrode zur Kathode (weil ja im normalen Zustand bei Ka S die ersten Zuckungen sichtbar werden).

Anm. Es ist ratsam, um Irrtümer leichter zu vermeiden, ein für allemal bei verschiedenfarbigen Leitungsschnüren die rote an der + Polklemme, die schwarze oder grüne an der — Klemme zu befestigen und die indifferente Elektrode mit der roten Schnur zu verbinden; dann ist bei normaler Stellung der Stromwenderkurbel (auf N) an der schwarzen oder grünen die Ka.

Dann führe man die Kurbel des Rheostaten, am Nullpunkt beginnend, langsam von Kontakt zu Kontakt, wobei man jedesmal an dem Unterbrecher Schließungen und Öffnungen ausführt, so lange bis man bei einem dieser Reizmomente (normaliter bei der Schließung) eine deutliche Muskelzuckung sieht. Und nun achte man genau auf den Charakter der Zuckung und überzeuge sich, ob sie in der Tat blitzartig ist (s. S. 26) oder nicht. Durch leichtes Hin- und Herdrehen der Kurbel überzeuge man sich ferner, ob die Zuckung die minimale ist. Ist das nicht der Fall, so führe man die Kurbel zurück bis zu dem Punkte, von dem man eine noch eben sichtbare Kontraktion erhält, und während man nun an der über dem Muskel sitzenden Elektrode den Unterbrecher geschlossen läßt, lese man am Galvanometer die Stromstärke, welche die Nadel anzeigt, ab und notiere sie in der Tabelle: z. B.:

Ka SZ 1,5 MA, blitzartig (bl.) [oder **prompt (pr.)**].

Darauf **öffne** man den Unterbrecher durch Druck auf den Hebel*), **wende** die Stromrichtung mittels des Stromwenders, — damit hat man die Reizelektrode zur Anode gemacht — **schließe** jetzt den Unterbrecher wieder und überzeuge sich (ohne am Stande des Elementenzählers, des Rheostaten, kurz — ohne an der Stromstärke etwas zu ändern), ob bei An S oder An O jetzt schon eine Kontraktion sichtbar ist. Ist das der Fall, so führe man die Rheostatenkurbel bis zu der Stelle zurück, von welcher aus man eine minimale Zuckung bei An S oder An O sieht, und notiere die

---

Schlagweite und Wirksamkeit fast ausschließlich von der Spannung abhängt und die Widerstände der Haut, der Kleidung usw. mit Leichtigkeit überwindet, um in der Tiefe einen Effekt zu erzielen. — Trotzdem die Duboisschen Versuchsresultate von manchen Seiten angefochten worden sind, kann es wohl als sicher angesehen werden, daß die Stromspannung (elektromotorische Kraft) mindestens neben der Intensität berücksichtigt werden muß. Aus diesem Grunde haben die Fabrikanten vielfach schon jetzt an den stationären Apparaten neben den Galvanometern (Milliampèremetern) auch Voltmeter angebracht, um neben der Messung der Stromintensität auch die der Stromspannung zu ermöglichen (s. Kap. 9). Als einfaches praktisches Hilfsmittel empfiehlt Zanietowski, außer den Milliampères bei allen Untersuchungen auch die Volts zu notieren, vor allem aber regelmäßig mit einer konstanten Anzahl von Elementen zu arbeiten und nur den Rheostaten resp. Voltregulator (s. S. 11 und 9. Kapitel) zur Regulierung zu benützen. Dieser Vorschlag verdient in der Tat Beachtung, namentlich wo es sich um exakte Untersuchungen zu wissenschaftlichen Zwecken handelt.

*) Notabene ohne die Elektroden zu verschieben. — Durch Wenden bei geschlossenem Strome würde 1. der Hautwiderstand, 2. die Muskelerregbarkeit verändert werden, so daß die alsdann erhaltenen Resultate nicht ohne weiteres vergleichbar wären.

Anzahl MA, bei der das geschieht. Im anderen Falle verstärke man den Strom allmählich, indem man die Kurbel vom Nullpunkt bis zum Eintritt der Minimalzuckung weiter dreht, und notiere diese Stärke; also z. B.:

An Sz 3 MA; An Oz 3,5 MA.

Auch hier muß die Form der Zuckung beachtet werden; es kommt vor, daß die An ZZ anderen Charakter zeigen als die Ka ZZ.

Jetzt öffne man den Unterbrecher wieder, wende auf die Ka zurück und stelle in derselben Weise die minimale Ka OZ resp. den Ka STe fest. Auch diese Stromstärken notiere man in der Tabelle; z. B.:

Ka STe 5 MA; Ka Oz 7 MA.

Damit ist die Untersuchung des Muskels beendet und man kann nun die Reizelektrode entfernen, nachdem man vorher alle Kurbeln und Hebel am Apparat auf die Nullpunkte resp. Ausgangsstellen zurückgeführt — „ausgeschaltet" — hat*).

Ganz in derselben Weise verfährt man jetzt mit dem symmetrischen Muskel der anderen Körperhälfte, wobei man nur berücksichtigen möge, daß symmetrische Muskeln nicht immer auch genau symmetrisch liegende motorische Punkte haben, so daß es jedesmal notwendig ist, die Untersuchung auch der zweiten Körperhälfte mit dem oben beschriebenen Aufsuchen des erregbarsten Punktes zu beginnen. Auch diese Resultate notiert man in der Tabelle, die dann etwa in folgender Weise aussehen würde**):

	Rechts		Links	
E. — Q = 3 qcm	farad.	galvan.	farad.	galvan.
M. ext. dig. comm	120 mm RA	Ka SZ: 1,5 MA An SZ: 3 MA An OZ: 3,5 MA Ka STe: 5 MA Ka OZ: 7 MA blitzartig		....
M. ext. poll. long.	....		...	......

Das Protokoll.

Für praktische Zwecke ist die Untersuchung in dieser Ausführlichkeit gewöhnlich überflüssig. Man wendet ein „abgekürztes Verfahren" an, das für die große Mehrzahl der Fälle völlig ausreicht: die faradische Untersuchung wird in der oben angegebenen Weise gemacht, ebenso auch die Feststellung der Ka SZ. Alsdann wird, wie oben

*) Die ganze galvanische Untersuchung muß in nicht zu langsamem Tempo vor sich gehen, weil bei längerem Einwirken eines galvanischen Stromes durch Widerstandsveränderung die Exaktheit der Resultate beeinträchtigt wird.

**) Es gibt verschiedene Formulare für elektrodiagnostische Tabellen; die hier angeführte erscheint mir als die übersichtlichste.

(der Unterbrecher) geöffnet, (der Strom mittels des Stromwenders gewendet, (der Unterbrecher) geschlossen, und nun sieht man nur nach, ob in der Tat, wie es normaliter sein soll, die Ka SZ früher als die An ZZ, d. h. ob bei dieser selben eben vorhandenen Stromstärke schon eine An Z (gleichgültig, ob An OZ oder An SZ) auftritt. Ist das der Fall, dann liegt ein nicht normales Verhalten vor, und dann muß man die minimale An Z in oben besprochener Weise feststellen und notieren. Ist das aber nicht der Fall, ist also das Verhalten normal, dann überzeuge man sich durch Drehen der Rheostatenkurbel ganz im allgemeinen davon, ob überhaupt bei stärkeren Strömen eine An Z auftritt, ohne auf deren minimale Stromstärke Rücksicht zu nehmen. In diesem Falle genügt es zu notieren, z. B.:

Ka SZ 1,5 MA blitzartig, > An Z (d. h. „größer als An Z").

Das zeigt dann für praktische Zwecke hinreichend, daß die Zuckungsformel in dem vorliegenden Falle keine wesentlichen Abweichungen von der Norm bietet.

Die abgekürzte Tabelle würde also für den oben gedachten Fall lauten:

	Rechts		Links	
E. — Q = 3 qcm	farad.	galvan.	farad.	galvan.
M. ext. dig. comm.	120 mm RA	Ka SZ: 1,5 MA > An Z bl.		

Besonderheiten, die während der Untersuchung auffallen, müssen ebenfalls in der Tabelle notiert werden. Darüber weiter unten Näheres.

Durch Vergleichung der beiden Seiten der Tabelle kann man sich leicht über etwaige Abweichungen von der Norm orientieren, vorausgesetzt, daß es sich um halbseitige Affektionen handelt. Bei doppelseitigen muß man sich, wie schon erwähnt, oft in bezug auf die quantitativen Verhältnisse mit Schätzung begnügen, oder man muß unter den früher angegebenen Kautelen die Stintzingschen Normaltabellen in Anwendung bringen.

In derselben Weise verfährt man auch bei Untersuchung der motorischen Nerven. Hier hat man auch noch darauf zu achten, ob alle von dem betreffenden Nerven versorgten Muskeln auf die Nervenreizung reagieren; ev. muß man notieren, welche das nicht tun.

4. Kapitel.

Die Veränderungen der Reaktion der Muskeln und motorischen Nerven.

Es ist bereits im Beginn des vorigen Kapitels erörtert worden, daß man naturgemäß drei Arten von Reaktionsveränderungen bei pathologischen Zuständen der Muskeln und motorischen Nerven unterscheidet, 1. quantitative (die Erregbarkeit im eigentlichen Sinne, d. h. die für die Minimalzuckung notwendige Stromstärke betreffende), 2. qualitative (die Zuckungsform und Zuckungsformel betreffende), 3. quantitativ-qualitative*).

Doumers Einteilung.

*) Ein anderes Prinzip liegt der Einteilung zugrunde, die Doumer für die Veränderungen der elektrischen Reaktion vorgeschlagen hat. Er betrachtet die pathologischen Reaktionsanomalien nicht als einheitliche Dinge, sondern als Symptomenkomplexe (Syndrome) und zerlegt sie gewissermaßen in ihre Komponenten, in „elementare Einzelreaktionen"; er unterscheidet folgende:

1. für den faradischen Strom: a) erhöhte Erregbarkeit; b) herabgesetzte Erregbarkeit (Duchennesche Reaktion);
2. für den galvanischen Strom: a) erhöhte Erregbarkeit; b) herabgesetzte Erregbarkeit; c) Änderung der relativen Werte von KaS und AnS (Erbsche Reaktion); d) Änderung der relativen Werte von KaS und KaO (Richsche Reaktion); e) Verlust der Nervenerregbarkeit bei erhaltener Muskelerregbarkeit durch parallele Ströme (longitudinale Reaktion).

Von Anomalien der Muskelzuckung unterscheidet er: a) Verkürzung der Latenzperiode; b) Verlängerung derselben; c) Verkürzung der Zuckungsdauer; d) Verlängerung derselben; e) Änderung der Kurven-Form (spastische, paralytische, atrophische und degenerative Kurve nach Mendelssohn); f) Erschöpfungsreaktion.

So exakt und wissenschaftlich wertvoll im Prinzip eine solche Einteilung ist, so muß doch, da sie sich bisher in der Praxis noch nicht eingebürgert hat, und da sie einerseits unvollständig ist, andererseits unwesentliche oder strittige bzw. ungenügend fundierte Reaktionsveränderungen über Gebühr hervorhebt, im folgenden die alte Einteilung beibehalten werden.

Des Verfassers „elektrodiagnostische Symptome".

Eine systematische Disposition der bisher für den Bewegungsapparat bekannten elektrischen „Symptome" würde meines Erachtens etwa das folgende Bild darbieten:

Reaktionsveränderungen

Quantitative

- A. Veränderungen der Erregbarkeit;
  - I. unabhängig von der Polarität (vom Vorzeichen des Reizpols);
    - a) innerhalb der gleichen Reizperiode beständig;
      - 1. Steigerung [Erhöhung];
      - 2. Sinken [Herabsetzung];
        - α) für alle Reizstärken;
        - β) für maximale Reize [herabgesetzte Maximalkontraktion];
      - 3. Erloschensein;
        - α) bei indirekter Reizung;
        - β) bei direkter Reizung:
          - 1. den gesamten Muskel betreffend;

Qualitative

          - 2. Teile des Muskels betreffend [bündelweise Kontraktion];
    - b) innerhalb der gleichen Reizperiode wechselnd;
      - 1. allmähliche Steigerung [konvulsible R.];
      - 2. allmähliches Sinken [Mya R.];
  - II. abhängig von der Polarität (vom Vorzeichen des Reizpols);
    - a) innerhalb der gleichen Reizperiode beständig; Umkehr der Polwirkung.
    - b) innerhalb der gleichen Reizperiode wechselnd;
      - 1. allmähliche Steigerung unter der Ka } [antagonistische R.];
      - 2. allmähliches Sinken unter der An }

Der motorische Leitungsweg.

Die rein qualitativen Veränderungen der Reaktion*) sind sehr selten und sollen darum anhangsweise besprochen werden. Den Praktiker interessieren im wesentlichen 1. die rein quantitativen Veränderungen und von diesen wiederum die einfache Herabsetzung der Erregbarkeit, — da auch einfache Erhöhung nicht übermäßig häufig ist — und 2. die quantitativ-qualitativen Veränderungen, und zwar besonders die verschiedenen Formen der Entartungsreaktion.

Um das Verständnis dieser Veränderungen zu erleichtern, muß in aller Kürze auf einige fundamentale Tatsachen zurückgegriffen werden, welche die Anatomie und Physiologie der motorischen Leitungsbahnen betreffen. Vgl. dazu Fig. 26 auf der folgenden Seite.

In der motorischen Region der Großhirnrinde, den Zentralwindungen entsprechend, befinden sich große Zellen, Pyramidenzellen genannt. Diese Zellen besitzen Fortsätze, und zwar 1. eine Reihe kurzer Fortsätze, die im allgemeinen rindenwärts liegen, Protoplasmafortsätze oder Dendriten, und 2. einen einzigen langen Fortsatz, der nach der Peripherie zieht, Achsenzylinderfortsatz, Nervenfortsatz, Neurit (oder Axon). Dieser letztere zieht durch das weiße Hemisphärenmark, durch die innere Kapsel (hinteren Schenkel), durch den Pes pedunculi, die Brücke und die Medulla oblongata als Faser der nur aus solchen Neuriten bestehenden Pyramidenbahn (Py). Im kaudalsten Teil der Medulla oblongata kreuzt sich dieser Zellfortsatz mit einem symmetrischen der gegenüberliegenden Seite — in der Pyramidenkreuzung — und verläuft dann auf der andern Körperhälfte in den Seitensträngen des Rückenmarks als Bestandteil der Pyramidenseitenstrangbahn (PyS)**) abwärts, bis er in irgendeiner Höhe des Rückenmarks — bald höher, bald tiefer, je nachdem er den Impuls zu einem Muskel des Arms, des Beins usw. trägt, — aus der vertikal abwärts gehenden Richtung in die horizontale umbiegt, indem er in ein Vorderhorn hineinzieht und sich dort, am Ende seines Weges angelangt, zum sogen.

Qualitative Reaktionsveränderungen

(III. abhängig von der Art der Stromschwankung (S oder Ö);
Steigerung unter Ka Ö [Kompressionsreaktion]);
B. Veränderungen der Zuckungsdauer;
I. Verlängerung;
1. Trägheit;
α) bei indirekter Reizung;
β) bei direkter Reizung;
2. Nachdauer;
α) bei indirekter Reizung [neurotonische R.],
β) bei direkter Reizung [myotonische R.].
II. Verkürzung oder Unterbrechung;
Unterbrechung (für den faradischen Strom) [myoklonische R.];
C. Veränderungen der Lage des Reizpunktes;
I. Lage an der Muskelperipherie [Verschiebung];
II. Lage an entfernter Stelle [Reflexzuckungen].

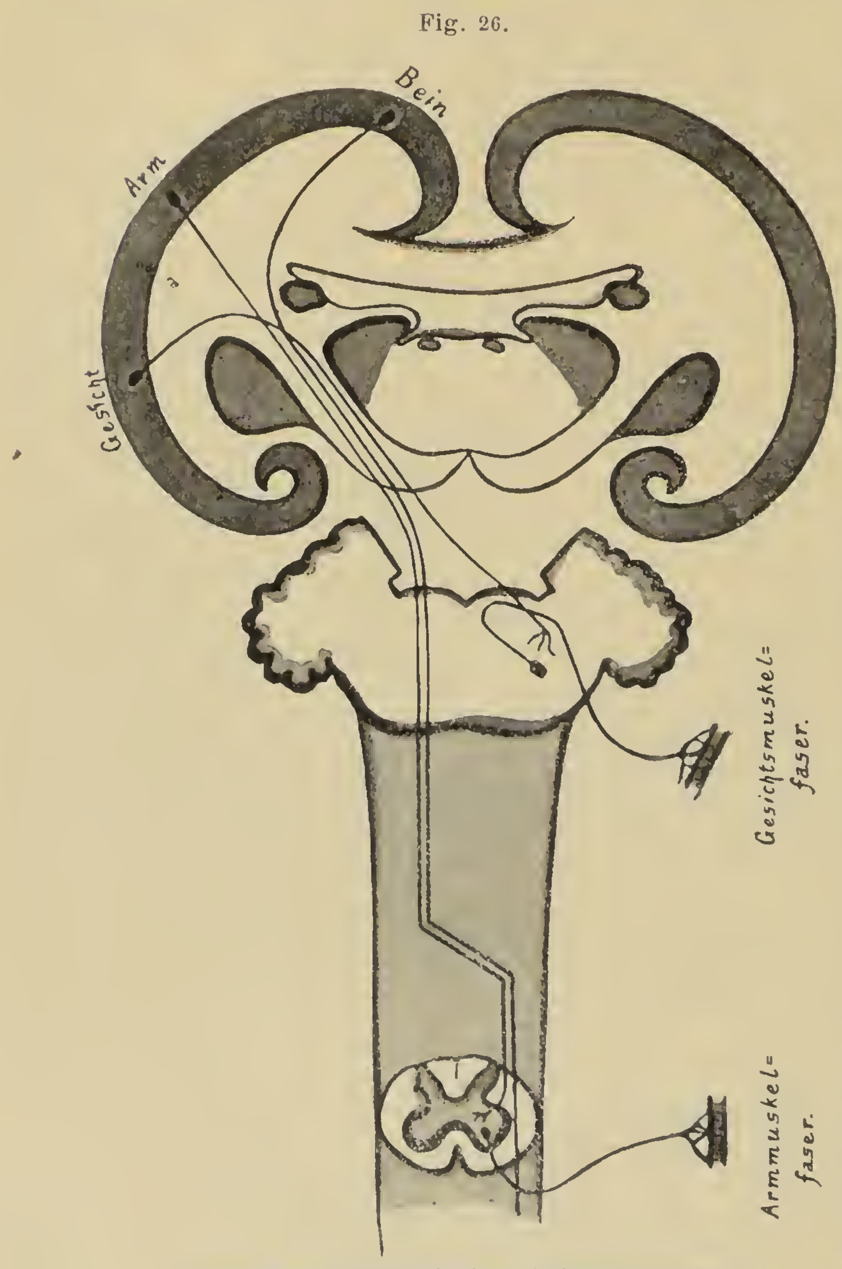
Auch von dieser Einteilung wird in der Darstellung kein Gebrauch gemacht werden, weil sie praktisch Unwichtiges oder Strittiges zu sehr betont und praktisch Zusammengehöriges auseinanderreißt. Für theoretische (systematologische) Zwecke erscheint sie mir jedoch brauchbarer als alle bisher bekannten.

*) Der vielfach gebrauchte Ausdruck „qualitative" Veränderung der „Erregbarkeit" enthält eine Contradictio in adjecto, da die Erregbarkeit ein rein quantitatives Moment darstellt; man kann nur von qualitativer Veränderung der Reaktion oder der Zuckung sprechen.

**) Ein geringer Teil verläuft auch ungekreuzt in den Vordersträngen als Pyramidenvorderstrangbahn (PyV) und kreuzt sich erst später sukzessive.

Endbäumchen aufsplittert*). Die Pyramidenzelle mit ihren sämtlichen Fortsätzen bezeichnet man als Nerveneinheit oder Neuron, und zwar als kortikospinales oder zentrales motorisches Neuron (Archineuron Waldeyer). Während die Dendriten wahrscheinlich eine reizzuführende Aufgabe haben, also „cellulipetal" leiten, geschieht die Leitung im Achsenzylinderfortsatz „cellulifugal"; die motorischen Impulse werden also von der Zelle durch den Neuriten peripherwärts geführt.

Fig. 26.



Schema des motorischen Leitungsweges,
nach den Tafeln von Strümpell-Jacob.

Das Endbäumchen jedes zentralen Neurons tritt im Vorderhorn in kontaktartige Verbindung mit einer der dort liegenden großen polygonalen motorischen Vorderhornzellen: es umklammert entweder die Zelle selbst klauenartig, ohne aber mit ihr zu verschmelzen**), oder berührt die Dendriten dieser Zelle. Diese Zelle entsendet nämlich ebenfalls Fortsätze, 1. zahlreiche Dendriten, die kurzen Verlauf haben und die Reize cellulipetal leiten, 2. einen einzigen Achsenzylinderfortsatz, der durch das Vorderhorn in die vorderen Wurzeln als Faser dieser Wurzeln hinein und dann als peripherische motorische Nervenfaser bis zu einer Muskelfaser weiterzieht. An der Muskelfaser angelangt, reisert auch er sich zum Endbäumchen auf und tritt mit der Muskelfaser in kontaktartige Verbindung. Die Vorderhornzelle samt ihren Fortsätzen bildet wiederum eine Nerveneinheit, ein Neuron, das als spinomuskuläres oder peripherisches motorisches Neuron (Teleneuron Waldeyer) bezeichnet wird.

*) Die Kollateralen, die er auf diesem Wege abgibt, können für unsere Darstellung außer Betracht bleiben.

**) Neuerlich wird doch wiederum eine Art Verschmelzung vermutet; überhaupt wird von Bethe, Apathy, Held, Nissl, R. y Cajal, M. Bielschowsky u. a. die Neuronenlehre bekämpft. Vorläufig hat sie aber mindestens noch insoweit Gültigkeit, daß wir die mit ihr geschaffene Nomenklatur als Ausdrucksform für elektrodiagnostische Zwecke festhalten können.

Auch der motorische Leitungsweg der Hirnnerven besteht wie der der Rückenmarksnerven aus zwei Neuronen: das zentrale Neuron hat seine Zelle in der Hirnrinde (und zwar in den basalsten Teilen der Zentralwindungen, in der Gegend des Faciolingualzentrums nahe der Fossa Sylvii), und der Achsenzylinder dieser Zelle zieht durch das Mark, die innere Kapsel (hinteren Schenkel) und den Pes pedunculi in den Pyramidenbahnen abwärts, kreuzt sich aber bereits oberhalb der eigentlichen Pyramidenkreuzung, im Pons oder im oberen Teil der Oblongata, mit einer symmetrischen Faser der andern Körperhälfte. Nach der Kreuzung zieht er bis zum gegenüberliegenden Kern desjenigen Hirnnerven, dem er die Impulse zuführt (Fazialis, Hypoglossus usw.), und splittert sich dort zum Endbäumchen auf. Das Endbäumchen tritt dann in der oben beschriebenen Weise in eine kontaktartige Verbindung mit der Zelle des motorischen Kerns, ohne mit ihr zu verschmelzen.

Mit dieser Zelle beginnt das peripherische motorische Neuron der Hirnnervenleitungsbahn. Der Achsenzylinderfortsatz dieser Zelle verläuft als Faser der austretenden Hirnnervenwurzel nach der Hirnbasis und weiter als peripherische Hirnnervenfaser bis zu einer Muskelfaser. An dieser angelangt, reisert er sich zum Endbäumchen auf.

Es erhellt aus dieser Darstellung die wichtige Tatsache, daß die Zelle des Kerns im Hirnstamm für den Hirnnerven dieselbe physiologische Bedeutung hat wie die Vorderhornzelle für den Rückenmarksnerven. Aber noch etwas anderes, für unser Thema sehr Bedeutsames, wird an der Hand des eben Gesagten leicht verständlich.

Degeneration.

Wenn eines der beiden Neurone, die den motorischen Leitungsweg bilden, an einer Stelle durch eine Verletzung oder einen krankhaften Prozeß unterbrochen wird, oder wenn die zu einem der beiden Neurone gehörende Zelle erkrankt, so erleidet der Achsenzylinder des betreffenden Neurons eine anatomische Veränderung, die zu seinem schließlichen Untergange führt und als degenerative Atrophie oder kurzweg Degeneration (Entartung) bezeichnet wird. Der Achsenzylinder verliert zunächst seine Markumhüllung, indem die Markscheide in Schollen, Stücke und Bröckel zerfällt, der Achsenzylinder selbst zerfällt dann ebenfalls, die Kerne der Schwannschen Scheide vermehren sich, das interstitielle Gewebe vermehrt sich und tritt an die Stelle des untergegangenen Nervengewebes: gleichsam eine „Zirrhose des Nerven".

Diese Degeneration betrifft so gut wie ausschließlich das Neuron, in dem die krankhafte Veränderung sitzt; der übrige Leitungsweg bleibt im wesentlichen intakt. Das ist eine fundamentale Tatsache, die zunächst festgehalten werden muß*), und die sich aus der anatomischen Selbständigkeit der Nerveneinheit erklärt. Aber — und das ist die zweite fundamentale Regel — wenn das peripherische, das spinomuskuläre Neuron entartet, dann erkrankt die zugehörige Muskelfaser mit: auch sie erleidet die degenerative Atrophie: sie wird schmäler, verliert ihre Querstreifung, die Kerne des Sarkolemms vermehren sich, es treten chemische Alterationen im Sinne einer Nekrobiose auf (wachsartige Degeneration usw.),

*) Auf scheinbare Ausnahmen von dieser Regel soll später eingegangen werden. —

das interstitielle Binde- oder Fettgewebe vermehrt sich und tritt an die Stelle der untergehenden kontraktilen Substanz; schließlich „Zirrhose der Muskelfaser“. — Einfache Muskelatrophien finden sich sowohl bei Krankheiten des Muskels selbst als bei einer ganzen Reihe anderer, weiter unten zu erwähnender Erkrankungsformen. Die degenerative Atrophie des Muskels findet sich jedoch dann, wenn das peripherische Neuron — dessen Zelle oder deren Achsenzylinderfortsatz — verletzt oder krankhaft verändert ist*).

Einfache Atrophie.

Ein degenerierter Muskel reagiert anders auf den elektrischen Strom als ein nicht degenerierter, auch anders als ein einfach atrophierter. Man kann also mittels elektrischer Untersuchung Muskeldegeneration nachweisen. Die Reaktionsweise des Muskels in solchen Fällen bezeichnet man mit Erb als Entartungsreaktion (Ea R).

Das Gesetz der Ea R.

Die Ea R wird demnach dann zu finden sein, wenn das peripherische motorische Neuron in irgendwie erheblicher Weise erkrankt ist. Sie ist nicht da bei Krankheiten im Bereich der zentralen Neurone, des Muskels selbst oder anderer Teile des Nervensystems und des übrigen Körpers: **wenn Ea R vorhanden ist, so ist das ein Zeichen dafür, daß im Gebiete der peripherischen Neurone sich ein krankhafter Vorgang abspielt.**

Anm. Es ist für den Anfänger und überhaupt für praktische Zwecke nützlich, diesen Satz als Lehrsatz (gleichsam als Regel ohne Ausnahme) anzusehen. Es soll dabei jedoch nicht verschwiegen sein und wird unten auch des näheren erörtert werden, daß Befunde erhoben worden sind, welche geeignet sind, die Allgemeingültigkeit dieser Regel einzuschränken. Über andere Auffassungen vom Wesen der Ea R vgl. S. 77 und 78.

Die Erkrankungen, bei denen sich die übrigen Veränderungen der elektrischen Reaktion, insbesondere die einfach quantitativen oder die einfach qualitativen Veränderungen, finden, betreffen die anderen Partien der motorischen Leitungsbahnen und des Bewegungsapparats, wie im folgenden näher ausgeführt werden soll.

a) Die rein quantitativen Veränderungen.

Die erhöhte Erregbarkeit.

Wenn ein Muskel oder motorischer Nerv auf schwächere Ströme mit einer Minimalzuckung reagiert als in der Norm, so spricht man von erhöhter elektrischer Erregbarkeit. Die Erhöhung kann die faradische oder galvanische Erregbarkeit, jede für sich oder beide gemeinsam betreffen. Letzteres ist wohl das häufigere, aber auch ersteres kommt nicht selten vor. Die Erhöhung der faradischen Erregbarkeit äußert sich bei einseitigen Affektionen so, daß an der kranken Seite eine Zuckung schon bei einem größeren Rollenabstand (also einer geringeren Stärke des faradischen Stroms) sichtbar wird als an der gesunden Seite; die Erhöhung der galvanischen Erregbarkeit zeigt sich darin, daß bei einer geringeren Anzahl MA an

---

*) Auch dieser Satz kann trotz widersprechender Befunde im allgemeinen aufrechterhalten werden.

der kranken Seite eine Kontraktion zu erzielen ist, als dies an der gesunden Seite geschieht. Bei doppelseitigen Affektionen kann man eine Erhöhung der Erregbarkeit erkennen, wenn die Werte der Stromstärke, bei der in einem Muskel oder Nerven eine Minimalzuckung sichtbar wird, unter der untersten Grenze der Stintzingschen Minimalwerte (S. 30 u. 31) liegen; vermuten kann man die Erhöhung, wenn die Werte nahe den Stintzingschen Minimalwerten liegen und es sich um ein erkranktes Gebiet handelt. Ganz besonders instruktiv und überzeugend ist in solchen Fällen oft die Untersuchung mit dem galvanischen Strom unter Berücksichtigung des Zuckungsgesetzes. Man findet nämlich in ausgeprägten Fällen erhöhter Erregbarkeit, daß nicht nur z. B. die Ka SZ bei Bruchteilen eines MA, die An ZZ bei nicht viel stärkeren Strömen und die Ka OZ resp. der Ka STe bei Stromstärken auftreten, bei denen man normaliter kaum eine Ka SZ erhält; sondern, wenn man den Strom noch weiter verstärkt, kann man bei nicht allzu starken Strömen Reizeffekte sehen, die an einem normalen Muskel gar nicht oder doch erst bei so hohen Stromintensitäten sich zeigen, wie sie in praxi nicht angewendet zu werden pflegen: nämlich An STe, An OTe oder, wie ich das in einem Falle von Tetanie einmal zu sehen bekam, Ka OTe. Es handelt sich hierbei — das muß festgehalten werden — etwa nicht um eine qualitative Veränderung des gesetzmäßigen Zuckungsschemas, sondern gewissermaßen nur um einen rascheren Ablauf desselben: die Reihenfolge im Auftreten der einzelnen Zuckungsmomente bleibt dabei die normale und auch die Form der Zuckung ist bei der reinen Erregbarkeitserhöhung normal, blitzartig*).

Tetanie.

Die reine Erhöhung der Erregbarkeit ist ein beinahe pathognostisches Zeichen für die Tetanie. Sie betrifft dort fast regelmäßig beide Stromqualitäten, seltener den galvanischen Strom allein. Ihr Vorhandensein ermöglicht mit einer annähernden Sicherheit in zweifelhaften Fällen die Differentialdiagnose zwischen echter Tetanie und ähnlichen Erkrankungen, (Pseudotetanie Funkes, geheilter Tetanus usw.), insbesondere gewissen hysterischen Zuständen von anfallsweise auftretenden Kontrakturen in der Vorderarm- und Unterschenkelmuskulatur. Bei letzteren Fällen findet sich die Erhöhung der elektrischen Erregbarkeit gewöhnlich nicht. Ein Beispiel eines Falles von Tetanie beim Erwachsenen bietet der folgende Teil eines Untersuchungsprotokolls (von einem 19jährigen Mann gewonnen):

---

*) Das Verhältnis der Werte für diejenigen Stromstärken, die Ka SZ, An SZ, Ka STe usw. erzeugen, ist in der Norm annähernd konstant. Wertheim-Salomonson nennt das Verhältnis derjenigen Stromstärke, die Ka SZ erzeugt, zu derjenigen, die An SZ hervorruft, den Polaritätskoeffizienten (er beträgt normalerweise 1,5 bis 2,5); das Verhältnis der für Ka SZ notwendigen Stromstärke zu derjenigen, bei der Ka STe eintritt, nennt er den Kontraktionskoeffizienten (in der Norm = 3,9 bis 4,3). Bei pathologischer Erregbarkeitssteigerung bleiben nun diese Koeffizienten normal, nur die absoluten Werte der Intensität, die zur Auslösung der Minimalzuckung erforderlich ist, sind abnorm klein. Bei der EaR dagegen werden die Koeffizientenwerte selbst niedriger.

E. — Q = 3 qcm	Rechts far.	Rechts galvan.	Links far.	Links galvan.
M. biceps brachii	Bei größtem RA deutliche (nicht minimale) Kontraktion	Ka SZ: 1/8 MA An OZ: 1/4 MA An SZ: 1/4 MA + Ka STe: 1/2 MA Ka OZ: 1 MA An STe: 3,5 MA An OTe: ca. 4 MA Ka OTe: bei Strömen über 7 MA blitzartige Zuckungen	....	....

Spasmophilie.

Bei der Kindertetanie resp. bei der in den letzten Jahren von Escherich, Finkelstein, v. Pirquet und der Czernyschen Schule besonders studierten und als Spasmophilie bezeichneten Stoffwechselanomalie, die fast nur bei künstlich genährten Kindern vorkommt und in tetanischen Krämpfen oder in Laryngospasmus und anderen Krampfzuständen sich äußert, genügt es zur Sicherstellung der Diagnose nachzuweisen, daß an einem Nerven, dem N. medianus, die KaSZ unter 0,7 MA, und vor allem, daß die KaOZ unter 5 MA liegt: sehr oft ist dabei AnOZ > oder = AnSZ (L. Mann und Thiemich). Die Möglichkeit, unschwer galvanischen AnTe (oder gar KaOTe) herbeizuführen, spricht ebenfalls für echte Tetanie. Die Erhöhung kann sowohl Muskeln als motorische Nerven betreffen.

Nach v. Pirquet soll auch das Auftreten der AnOZ unter 5 MA. am N. peroneus geprüft, die Diagnose „Spasmophilie" gestatten: „anodische Übererregbarkeit". Es ist indessen nach Thiemich und Escherich fraglich, ob diesem Symptom die gleiche pathognostische Bedeutung zukommt wie der Mann-Thiemichschen „kathodischen Übererregbarkeit" (KaOZ am N. medianus unter 5 MA). Die Bedeutung der letzteren wird jedenfalls in der pädiatrischen Praxis so hoch bewertet, daß sie in zweifelhaften Fällen und bei schwieriger Differentialdiagnose gegenüber ähnlichen Zuständen (Gregors Hypertonien, Escherichs Pseudotetanus) geradezu als ausschlaggebend gilt.

Außer der Tetanie sind es einzelne Fälle von zerebralen Lähmungen (frischen oder stark spastischen Hemiplegien, auch alten zerebralen Fazialislähmungen), bei denen einfache Erhöhung der Erregbarkeit gefunden wurde; ferner mehrere Beobachtungen von Tabes dorsalis in den ersten Stadien und einige frische Fälle peripherischer Nervenlähmungen (Fazialis und Radialis); bei letzteren bestand sie tage- bis wochenlang. Vereinzelt fand sie sich bei spinaler Paraplegie und spinaler Muskelatrophie, bei Chorea und Schreibkrampf sowie bei multipler Sklerose.

Viel öfters als die Erregbarkeitssteigerung findet man die entgegengesetzte Veränderung, die reine Herabsetzung der Erreg-

barkeit. Man spricht von ihr dann, wenn ein motorischer Nerv oder Muskel erst bei größeren Stromstärken als ein normaler seine Minimalzuckung zeigt. Wiederum betrifft diese Störung entweder beide Stromarten (das ist häufiger) oder eine von beiden, und wiederum geschieht der Nachweis der Veränderung bei einseitigen Affektionen durch Vergleich mit der gesunden Seite, bei doppelseitigen mit Hilfe der Stintzingschen Tabellen. Beim galvanischen Strom bedarf es also einer größeren Intensität, ausgedrückt in MA, zur Erzielung der Minimalzuckung, beim faradischen eines Stromes von geringerem RA (also größerer Kraft) als an der gesunden Körperseite, resp. als bei gesunden Individuen. Dabei ist die galvanische Zuckungsformel unverändert und der Charakter der Zuckung der normale.

Die Herabsetzung der Erregbarkeit.

Die herabgesetzte Erregbarkeit ohne qualitative Abnormität findet man bei einer Reihe von Krankheitszuständen, die man früher unter dem Namen der Inaktivitätsatrophien zusammengefaßt hat, die aber jetzt meistens — und wohl mit Recht — eine andere Deutung erfahren. Dahin gehören z. B. die Atrophien, die bei Gelenkkrankheiten in den dem kranken Gelenke benachbarten Muskeln — oft sind es Streckmuskeln dieses Gelenks — auftreten. Auch bei Luxationen und Verbandsfixationen (z. B. nach Phlegmoneoperationen) treten sie ein, ebenso bei Frakturen in der Nähe eines Gelenks. Man kann sie kurz als arthrogene oder (wie sie vielfach genannt werden) „Reflexatrophien" bezeichnen*). Ähnliches gilt von den sog. abartikulären Atrophien (Charcot u. a.), die sich an Weichteilverletzungen, Haut- und Muskelzerreißungen usw. anschließen und oft rasch große Dimensionen annehmen, z. B. eine ganze Extremität befallen; ähnliches auch von den ischämischen Atrophien, z. B. bei Raynaudscher Krankheit usw. sowie bei einzelnen Vergiftungen (Arsenik, Kohlenoxyd). Wenn sich in solchen atrophischen Muskeln überhaupt eine elektrische Veränderung nachweisen läßt — was keineswegs immer der Fall ist —, dann ist es einfache Herabsetzung. Sobald etwa Entartungsreaktion vorhanden ist, muß man eine Komplikation, z. B. eine Neuritis benachbarter Plexus, annehmen.

Reflexatrophien.

Es sind hier weiter zu erwähnen: die Atrophien im Gefolge zerebraler Lähmungen, also im Gebiete der zentralen motorischen Neurone, bei Apoplexien, Erweichungen usw. mit nachfolgenden Mono-, Hemi- oder Diplegien sowie bei Dementia paralytica. Auch bei diesen ist elektrisch, wenn überhaupt etwas, dann nur eine quantitative Veränderung (meistens Herabsetzung der Erregbarkeit) zu finden. In vielen Fällen dieser Art ist freilich die elektrische Erregbarkeit durchaus normal.

Zerebrale Atrophien.

*) Die verbreitetste Auffassung ist die, daß durch die Gelenkerkrankung reflektorisch in den Vorderhornzellen Alterationen hervorgerufen werden, die zwar nicht stark genug sind, um zurzeit anatomisch nachweisbar zu sein, aber doch hinreichend, um einfache Muskelatrophien der geschilderten Art — Reflextrophoneurosen — herbeizuführen.

Anm. Über die Deutung der in solchen Muskeln durch den Kontrakturzustand hervorgerufenen, scheinbaren qualitativen Veränderung der Zuckungsform (faradische „Pseudo“-Zuckungsträgheit) s. unten S. 88.

Auch bei den übrigen Erkrankungen im Gebiete der zentralen motorischen Neurone, bei denen die peripherischen intakt bleiben, also bei den Strangerkrankungen des Rückenmarks, Myelitis, multipler Sklerose, bei Blutungen und Erweichungen ohne Beteiligung der Vorderhörner, bei den Krankheiten der Pedunculi cerebri, des Pons und der Oblongata (ohne Schädigung der grauen Kerne und der motorischen Hirnnerven) findet sich entweder gar keine elektrische Abnormität oder einfache Herabsetzung, meistens für beide Ströme oder für den faradischen Strom allein, selten für den galvanischen allein.

Inaktivitätsatrophien.

Die einfache Herabsetzung begleitet fernerhin eine Reihe von Atrophien, deren Genese unbekannt ist (vielleicht sind es wirkliche Inaktivitätsatrophien): das sind die Atrophien in gewissen Fällen von Tabes und funktionellen Neurosen, besonders Hysterie. In diesen letzteren Fällen ist die exakte Feststellung der elektrischen Verhältnisse namentlich dann wichtig, wenn es sich um Hysterie traumatischen Ursprungs handelt, und wenn die Frage der Simulation oder Aggravation wegen einer vom Patienten beanspruchten Unfallentschädigung beantwortet werden soll. Ein positives Ergebnis der elektrischen Prüfung, also der Befund sicherer Herabsetzung der Erregbarkeit, läßt Simulation ausschließen; ein negatives Ergebnis jedoch gestattet keinerlei Entscheidung.

Dystrophien.

Schließlich ist auch für die Atrophien, die ihre Entstehung einem Erkranktsein der Muskeln selbst (also des peripheren Endes der motorischen Sphäre) verdanken, die Herabsetzung der Erregbarkeit bei qualitativem Normalzustand der Zuckung eine charakteristische Begleiterscheinung. Es sind neben den wenigen bisher bekannten Fällen der von Oppenheim unter dem Namen Myatonia congenita beschriebenen Krankheit vorwiegend die verschiedenen Formen der progressiven Muskeldystrophie oder myopathischen progressiven Muskelatrophie (im Gegensatz zur spinalen progressiven Muskelatrophie so genannt), die hierbei in Betracht kommen: also die Pseudohypertrophie, die juvenile, die infantile, die Landouzy-Déjérinesche Form usw. der myogenen Atrophie, die unter dem obigen Namen zusammengefaßt werden. Hier hat die Feststellung des elektrischen Befundes häufig geradezu differentialdiagnostische Bedeutung, nämlich dann, wenn es zweifelhaft ist, ob eine progressive Atrophie muskulären oder spinalen Ursprungs (d. h. auf Erkrankung der Vorderhörner zurückzuführen) ist. Während sich bei den muskulären Formen entweder gar keine elektrische Alteration oder nur einfache Herabsetzung — bald gering, bald hochgradig bis zum Erloschensein der Erregbarkeit, jedenfalls ohne qualitative Anomalie — findet, tritt bei den spinalen Prozessen, bei denen es sich ja um Veränderungen im Gebiete peripherischer Neurone handelt, gewöhnlich

Entartungsreaktion ein. In diesen Fällen kann man eine lokale Diagnose stellen.

Anm. Hier sei auch des merkwürdigen Befunds von Oddo und Darcourt bei der sog. periodischen familiären Lähmung gedacht, eines Befundes, der von den Autoren geradezu als Beweis für die myopathische Genese dieses seltenen Leidens angesehen wird: entsprechend dem Auftreten, der Dauer und dem Schwinden der einzelnen, ca. 24 Stunden anhaltenden Attacken dieser Krankheit zeigten nämlich die befallenen Muskeln einfache Herabsetzung der direkten und indirekten Erregbarkeit für beide Stromarten (namentlich der direkten galvanischen) bis zum Erlöschen. Qualitative Veränderungen fehlten völlig. Mit der Besserung der Attacke kehrten auch die elektrischen Reaktionen zur Norm zurück und blieben so während der ganzen (ca. 8—10tägigen) anfallsfreien Zeit.

Spinale Atrophien langsamer Progression.

Freilich soll dabei nicht übersehen werden, daß auch bei progressiven Atrophien spinaler Herkunft oft nirgends oder doch nur an vereinzelten Stellen Entartungsreaktion vorhanden ist. Wenn nämlich die Progression einer spinalen Atrophie in langsamem Tempo vor sich geht, so daß gleichsam Faser für Faser allmählich dem Untergange verfällt, so bilden in dem der Untersuchung vorliegenden Muskel die tatsächlich in der Degeneration begriffenen Fasern die verschwindende Minorität, und der Strom findet dann entweder eine „überwältigende Majorität“ intakter oder eine ebensolche Majorität völlig in Zwischengewebe verwandelter, sklerosierter Muskelfasern vor; infolgedessen kann in vielen solchen Fällen eine Entartungsreaktion gar nicht recht in die Erscheinung treten: vielmehr zeigt sich in der Regel in einem Muskel, in dem der Prozeß der Atrophie beginnt, ganz normale Erregbarkeit, in einem Muskel aber, in dem der Prozeß vorgeschritten ist — je nach der Anzahl der vorhandenen kontraktilen Teile —, entweder einfache Herabsetzung oder Erloschensein der Erregbarkeit*). Diese Erscheinung findet man in vielen Fällen progressiver Muskelatrophie, bei Poliomyelitis chronica, amyotrophischer Lateralsklerose, progressiver Bulbärparalyse usw., seltner auch bei langsam progredienten Prozessen im Gebiete der Nervenstämme selbst, also z. B. bei langsam wachsenden Tumoren am Plexus brachialis oder im Becken, auffallend oft anscheinend bei Halsrippe. Für solche Fälle liegt also die Sache so, daß der differentialdiagnostische Wert der elektrischen Prüfung nur dann vorhanden ist, wenn Ea R in der Tat gefunden wird: ergibt in zweifelhaften Fällen die Untersuchung einfache Herabsetzung ohne qualitative Veränderung, so ist ein muskulärer Prozeß zwar wahrscheinlich, aber nicht sicher; ergibt sie Ea R, dann ist im allgemeinen ein spinaler Prozeß als vorliegend anzunehmen. Genaue Untersuchung läßt freilich in der Mehrzahl der Fälle spinaler Muskelatrophie mindestens an einem oder einigen Muskeln Ea R erkennen.

Anm. Es sind in der Literatur einige Fälle von (allem Anschein nach) sicherer Myopathie — Dystrophia muscularis progressiva — beschrieben.

---

*) Ich weiß, daß diese Erklärung anfechtbar ist, und bemerke ausdrücklich, daß sie nur hypothetisch ist. Solange man aber keine bessere weiß, mag sie dem Anfänger die Sache verständlich machen.

bei denen EaR gefunden wurde, Andeutung davon auch bei Myatonia congenita (S. 88). Das widerspräche dem oben entwickelten Gesetz von der EaR, welches besagt, daß sie nur bei Krankheiten der peripherischen Neurone auftritt. Die Fälle sind freilich vereinzelt, geben aber doch zu denken. Man hat daraus bisher nicht den Schluß gezogen, daß es sichere Ausnahmen von dem genannten Gesetze gibt, sondern man neigt jetzt vielfach (Erb u. a.) zu der Annahme, daß zwischen den spinalen und den muskulären Formen der progressiven Atrophie Übergänge existieren, daß keine scharfen Grenzen zwischen ihnen bestehen, ja daß vielleicht überhaupt auch die sogenannten muskulären Formen auf spinale, mit unsern jetzigen Methoden nur nicht nachweisbare Vorderhornaffektionen zurückzuführen sind. Im allgemeinen gilt trotz dieser vereinzelten Beobachtungen von der Differentialdiagnose immer noch das oben Ausgeführte.

Hinsichtlich der Differentialdiagnose zwischen spinaler und zerebraler Kinderlähmung s. unten S. 72. Im nächsten Abschnitt wird auch näher ausgeführt werden, daß nach Ablauf schwerer degenerativer peripherischer Lähmungen noch sehr lange als einzige elektrische Veränderung herabgesetzte Erregbarkeit ohne qualitative Störungen zurückbleiben kann.

Der Grad der Herabsetzung.

Was den Grad der Herabsetzung bei den verschiedenen Erkrankungen betrifft, so ist derselbe im allgemeinen gering bei den Inaktivitätsatrophien im eigentlichen Sinne. Hier beschränkt sich die Herabsetzung auch vielfach auf den faradischen Strom allein, und in diesen Fällen muß man mit der Diagnose „herabgesetzte Erregbarkeit“ ganz besonders vorsichtig sein. Es liegt in der Natur der Untersuchungsmethode, daß sich bei Feststellung der faradischen Minimalzuckung zweier symmetrischer Muskeln auch bei ganz gesunden Personen geringe Differenzen finden. Das Sehen der Minimalzuckung bietet Schwierigkeiten, und besonders der Anfänger bekommt häufig falsche Resultate, wenn er z. B. nicht darauf achtet, ob die untersuchten Muskeln schlaff sind, oder wenn der Punkt, an dem er untersucht, nicht der erregbarste ist. Ein während der Untersuchung eintretendes Austrocknen der Elektrodenkappe, ein geringes Verschieben oder Umkippen der Elektrode ändern nicht selten die Ergebnisse der Prüfung. Und dabei muß weiterhin noch in Betracht gezogen werden, daß es bei ganz gesunden Leuten anatomische Differenzen zwischen symmetrischen Teilen der beiden Körperhälften gibt: wenn z. B. an der einen Seite der untersuchte motorische Nerv infolge einer anatomischen Variante beträchtlich tiefer liegt als an der andern, so daß er eine dickere Schicht elektrizitätleitenden Gewebes über sich hat, so geht in diesem bedeckenden Gewebe ein großer Bruchteil des Stromes durch Schleifenbildung verloren, ehe der Strom den Nerven erreicht, jedenfalls ein größerer Bruchteil als an der andern Seite. Es wird daher in dem tiefer liegenden Nerven die Erregbarkeit anscheinend herabgesetzt sein, wiewohl das tatsächlich nicht der Fall ist. Dasselbe kann z. B. eintreten, wenn an der einen Seite das subkutane Fettgewebe stärker entwickelt ist als an der andern (L. Mann), oder wenn im subkutanen Gewebe eine Flüssigkeitsansammlung (Ödem) stattgefunden hat.

Zusammenfassend muß man demnach sagen: Geringfügige Herabsetzung der Erregbarkeit, also Differenz von wenigen Millimetern RA oder von Bruchteilen eines MA, muß, ehe sie als pathologisch anerkannt werden kann, durch wiederholte Nachprüfungen kontrolliert werden, namentlich wenn die Störung nicht beide Stromarten in gleicher Weise betrifft, oder wenn in einem größeren, gleichmäßig erkrankten Gebiet die verschiedenen Muskeln oder Nerven ganz verschiedene Resultate liefern, z. B. der eine Erhöhung, der andere Herabsetzung. Nur wenn mehrere Untersuchungen stets die gleichen Resultate ergeben, darf man mit einiger Sicherheit von einer herabgesetzten Erregbarkeit reden. Besondere Vorsicht erfordern natürlich doppelseitige Affektionen. Hier sollte man nur bei beträchtlichen Abweichungen von den Stintzingschen Mittelwerten einen pathologischen Prozeß diagnostizieren.

Bei den Erkrankungen im Gebiete der zentralen motorischen Neurone, den hemiplegischen Atrophien und dergl., pflegt die Herabsetzung oder Erhöhung der Erregbarkeit keinen bedeutenden Grad zu erreichen. Da hier häufig Kontrakturen bestehen, so daß ein Schlaffhalten der untersuchten Muskeln gewöhnlich auf die Dauer nicht gelingt, so muß man mit der Verwertung der Minimalzahlen recht vorsichtig sein.

Stärkere Grade der Herabsetzung bieten gelegentlich die reflektorischen (arthrogenen usw.) Atrophien, die allerstärksten finden sich bei progressiven Dystrophien (vielleicht auch bei Myatonia congenita), sowie bei den oben (S. 69) erwähnten Formen der spinalen Atrophien langsamer Progression. Hier sinkt die Erregbarkeit meist für beide Stromarten ziemlich gleichmäßig, immer mehr und mehr, bis zum Erloschensein.

Erloschene Erregbarkeit.

Absolutes Erloschensein der Erregbarkeit eines Muskels beweist, daß kontraktile Substanz in dem betr. Muskel nicht mehr in nennenswerter Quantität vorhanden ist. Diese Anomalie kann das Schlußergebnis der Ea R oder der progressiven Herabsetzung sein. Erloschensein der Erregbarkeit eines motorischen Nerven beweist an sich für den anatomischen Zustand der von ihm versorgten Muskeln nichts: vielmehr bedarf es dazu noch einer direkten Muskeluntersuchung. Darüber im nächsten Abschnitt Näheres.

b) Die quantitativ-qualitativen Veränderungen.

1. Entartungsreaktion (Ea R).

Bei denjenigen Erkrankungen im Gebiete der peripherischen Neurone, die zu Muskeldegeneration führen, findet man, wenn diese Erkrankungen eine gewisse minimale Größe überschreiten, gewöhnlich eine Abnormität in der elektrischen Reaktion der betroffenen Nerven und Muskeln, deren wesentliche Charakteristika sind:

Definition der Ea R.

1. quantitative Veränderungen, nämlich
   a) **Sinken und Erlöschen** der (faradischen und galvanischen) Erregbarkeit der Nerven und **der faradischen Erregbarkeit** der Muskeln;

b) bald Steigerung, bald Sinken der galvanischen Erregbarkeit der Muskeln.

2. qualitative Veränderungen, besonders

a) **Trägheit der galvanischen Muskelzuckung:** dazu eventuell

b) Abweichungen vom normalen Ablauf des Zuckungsgesetzes;

c) Verschiebung des erregbarsten Muskelpunktes nach einem der Muskelenden zu.

Diese komplizierte Anomalie der Reaktion, welche den anatomischen Prozeß der Muskeldegeneration (Entartung) begleitet, und welche sich wieder in bestimmter, gesetzmäßiger Weise zum normalen Verhalten zurückbildet, wenn die Muskeldegeneration einer Regeneration Platz macht, ist nach Baierlachers Vorarbeiten von Erb (1868), sowie von Ziemssen und Weiss zuerst studiert und von Erb mit dem Namen „Entartungsreaktion" (Ea R) belegt worden.

Vorkommen der Ea R.

Die Krankheitszustände, in denen die Ea R vorkommen kann, sind, wie nach dem oben Gesagten leicht verständlich (s. Schema des Faserverlaufs S. 62, Fig. 26), im wesentlichen die folgenden:

1. Krankheiten der Medulla oblongata bzw. des Hirnstamms mit Beteiligung der grauen Kerne der Hirnnerven: also die verschiedenen Formen der Bulbärparalyse (akute, chronische progressive), Blutungen und Erweichungen im Hirnstamm usw. — Auch die angeborenen oder früh erworbenen Fälle von Fazialislähmung, von denen freilich nur ein Teil nukleären Ursprungs ist, gehören hierher. — In diesen Fällen findet sich Ea R natürlich nur im Gebiete der betroffenen Hirnnerven. Wenn der pathologische Prozeß auch gleichzeitig die Fasern der durchlaufenden, zu den Spinalnerven gehenden Pyramidenbahnen ergreifen sollte, so würde trotzdem ihr Erkranktsein nicht zu Ea R führen.

2. Krankheiten, welche die Vorderhornzellen des Rückenmarks befallen: Poliomyelitis anterior acuta — z. B. die „spinale Kinderlähmung"*) — subacuta und chronica, sowie die progressive spinale Muskelatrophie**), (während, wie oben S. 68 ausgeführt, bei der myopathischen Muskelatrophie Ea R gewöhnlich fehlt); ferner Blutungen und Erweichungen im Vorderhorn, Geschwulstbildungen, namentlich Gliomatose (Syringomyelie, Morvansche Krankheit); die Entzündungen des ganzen Rückenmarksquerschnitts (Myelitis transversa); die amyotrophische Lateralsklerose — Vorderhorn- und Seitenstrangerkrankung — (Seitenstrangaffektion allein,

---

*) Die sogenannte zerebrale Kinderlähmung (Sitz im Großhirn) bietet keine Ea R dar, sondern entweder einfache Herabsetzung oder gar keine elektrische Anomalie. Das kann gelegentlich differentialdiagnostisch von Nutzen sein.

**) Auch bei der Hoffmannschen neuralen Form der Muskelatrophie, deren anatomisches Substrat noch strittig ist, ist Ea R in der Regel vorhanden.

z. B. die sekundäre absteigende oder die bei kombinierten Systemerkrankungen, resp. idiopathische bei der sog. spastischen Spinalparalyse. deren anatomisches Substrat freilich noch nicht feststeht, führt nicht zu Ea R). — Auch diffuse Herde z. B. entzündlicher oder sklerotischer Natur können, wenn sie gerade im Vorderhorn ihren Sitz haben, in den von dort aus versorgten Muskeln Ea R hervorrufen.

3. Krankheiten, welche die Wurzeln der zerebralen oder spinalen Nerven betreffen: Meningeale Prozesse verschiedener Art, wenn sie mit stärkerer Beteiligung der Nervenstämme einhergehen: Wirbelerkrankungen, z. B. tuberkulöser Natur, oder Tumoren, die von den Wirbeln oder den Meningen ausgehen und die Nerven komprimieren.

4. Krankheiten der peripherischen Nerven selbst, und zwar:

a) Verletzungen, vornehmlich durch Quetschung: dahin gehören die Schlaflähmungen der Armnerven: die Peroneus-Drucklähmungen (z. B. durch Arbeiten im Hocken, bei schwerem Partus); die Fessellähmungen des Ulnaris. Radialis und Medianus; die durch Kallus- und Tumorendruck bedingten, sowie durch Lasttragen oder in der Narkose an den Nerven der Extremitäten (vorwiegend der oberen) entstandenen usw. Auch die sogenannten Beschäftigungsatrophien seien hier erwähnt.

Weiterhin Durchschneidungen. besonders oft an den Nerven der obern Extremität (Säbelverletzungen usw.): oder operative Durchtrennungen, z. B. am Fazialis bei Drüsen- oder Warzenfortsatzoperationen, am Hypoglossus usw. — Dasselbe gilt von Riß- und Schußverletzungen. —

Von chemischen, mit Ea R einhergehenden Verletzungen sind die Lähmungen nach Ätherinjektion zu nennen.

Besonders häufig sind die „rheumatischen" Lähmungen des Fazialis (auch im Peroneusgebiet und im Plexus cervico-brachialis, namentlich im M. serratus anterior kommen solche Lähmungen vor).

b) Entzündungen der Nerven: einerseits die fortgeleiteten, wie z. B. gewisse Fazialislähmungen bei Ohrerkrankungen: andererseits die idiopathischen *), die dann meistens entweder toxischer

---

*) Bei Bleilähmung und anderen Neuritiden ist Ea R auch in Muskeln gefunden worden. die noch nicht gelähmt waren oder überhaupt niemals gelähmt wurden (Erb. Bernhardt, E. Remak, Buzzard. Kahler. Pick. Kast u. a.). Vereinzelte derartige. unerklärte Beobachtungen liegen auch für einige andere Erkrankungen vor. nämlich für gewisse Geisteskrankheiten (Alkoholpsychosen. Delirium acutum, Dementia paralytica), bei denen Pilcz das Hauptsymptom der Ea R, die Zuckungsträgheit, auch dann nachweisen konnte, wenn alle neuritischen Symptome fehlten. Ähnliches fand Lange bei Paralytikern. Allerdings geben diese Untersuchungen darum zu Bedenken Anlaß, weil sie sich vorwiegend auf den M. extensor digitorum brevis des Fußes beziehen, der nach Grunds Versuchen (s. S 27) besonders leicht der Abkühlung ausgesetzt ist und dann auch bei Normalen langsame Kontraktion zeigt.

Natur sind, wie die Bleilähmung (die besonders gern die Vorderarmstrecker befällt), die Arsenik-, die Alkoholneuritis u. a., — oder infektiöser Natur, wie die diphtherische Neuritis, die Neuritis multiplex infectiosa oder Beriberi, die nach Influenza, Typhus, Scarlatina, Erysipel usw. sowie vereinzelt nach Appendizitis, häufiger bei Diabetes auftretenden Neuritiden usw.*).

c) (Viel seltener) Tumoren der Nerven selbst. —

Verschiedene Formen der Ea R.

Je nach der Schwere der Läsion, resp. je nach der größeren oder geringeren Geschwindigkeit der Entwicklung lassen sich verschiedene Grade und Arten der Ea R unterscheiden. Besonders kann man eine komplette Form, in welcher der Typus der Erscheinungen am reinsten zum Ausdruck kommt, von einer partiellen Form trennen, welche gleichsam nur eine Skizze des Symptomenbildes darstellt. Die komplette Form ihrerseits umfaßt — der Prognose des zugrunde liegenden Leidens nach — eine „benigne“ und eine „maligne“ Unterart, von denen die erstere die heilbaren, die letztere die unheilbaren Fälle bezeichnet. Die „benigne“ Unterart zerfällt wieder in eine leichte und mittelschwere Form, die sich nur durch die Dauer voneinander unterscheiden, und von denen die leichte ziemlich selten ist. Man kann also im allgemeinen folgende Typen auseinander halten:

1. komplette Ea R
   [a) leichte]
   b) mittelschwere } in heilbaren Fällen,
   c) schwere — in unheilbaren Fällen,
2. partielle.

Freilich ist diese Scheidung eine künstliche und existieren zwischen den einzelnen Formen zahlreiche Übergänge**).

Der Verlauf der Ea R

Den Verlauf der einzelnen Formen der Ea R soll die folgende schematische Tabelle illustrieren:

---

*) Die Fazialislähmungen beim sog. Kopftetanus gehen nicht mit Ea R einher. Ihr peripherischer Ursprung ist zweifelhaft.

**) Stintzing hat 13 verschiedene Formen aufgestellt. Sie lassen sich nicht nur in dem obigen Schema bequem unterbringen, sondern es versteht sich eigentlich von selbst, daß derartige Übergänge zwischen den verschiedenen Formen vorkommen können. Für den Anfänger ist es zweifellos zweckmäßig, sich zunächst an wenige typische, häufig anzutreffende Formen zu halten und den Abweichungen vom Typus ev. erst später seine Aufmerksamkeit zuzuwenden. Eine andere Art von Systematisierung der Ea R, die sich an Doumers Einteilungsprinzip nach „Elementarreaktionen“ (S. 60) anschließt, hat in Wertheim-Salomonson, Cluzet u. a. neuerdings Fürsprecher gefunden. Es handelt sich hier um den Versuch, an Stelle der oben aufgeführten, für alle degenerativen Prozesse in annähernd gleicher Weise gültigen Typen lieber für die einzelnen bestimmten Krankheiten auch ganz bestimmte elektrodiagnostische Verlaufseigentümlichkeiten aufzufinden und somit gewissermaßen die bisher allein existierende „allgemeine Elektrodiagnostik“ (z. B. der degenerativen Atrophien) durch eine „spezielle“ der einzelnen Krankheiten zu ergänzen resp. zu ersetzen. — Die bisherigen Resultate dieser Versuche müssen als äußerst kärglich bezeichnet werden. Sie haben (wie z. B. das „Syndrom der schweren Fazialislähmung“ von Wertheim-Salomonson) kaum etwas Neues gegenüber dem bisher Bekannten zutage gefördert.

I. Komplette Ea R: leichte und mittelschwere Form.

		indirekte (Nerven-) Erregbarkeit:		**direkte (Muskel-)Erregbarkeit:**	
		farad.	galvan.	farad.	galvanisch
Stadium I.	1. Woche	gegen Ende herabgesetzt	herabgesetzt	etwas später herabgesetzt	herabgesetzt
Stadium II.	*) (ca. 2.—5. Woche) ca. 2.—15. Woche	**erloschen**	**erloschen**	**erloschen**	**erhöht, träge Zuckung** (An > Ka)
Stadium III.	*) (ca. 6.—12. Woche) ca. 16.—30. Woche	gegen Ende wiederkehrend	wiederkehrend	gegen Ende wiederkehrend	**sinkend bis normal, raschere Zuckung** (An = bis < Ka).
Stadium IV.	später	normal oder subnormal	normal oder subnormal	normal oder subnormal	normal oder subnormal (keine qualitativen Veränderungen mehr)

II. Komplette Ea R: schwere Form.

Stadium I und II **wie im obigen Schema,** darauf folgt als

Stadium III.	6.—x. Woche	bleibt erloschen	bleibt erloschen	bleibt erloschen	**sinkend bis erlöschend, Zuckung bleibt träge** (An > Ka)

III. Partielle Ea R.

		Indirekte (Nerven-) Erregbarkeit:		**direkte (Muskel-) Erregbarkeit:**	
		farad.	galvan.	farad.	galvanisch
Stadium I.	1. Woche	normal, erhöht oder herabgesetzt	normal, erhöht oder herabgesetzt	normal, erhöht oder (etw. später) herabgesetzt	normal, erhöht oder (etwas später) herabgesezt
Stadium II.	2.—5. Woche	**normal oder herabgesetzt**	**normal oder herabgesetzt**	**normal oder herabgesetzt**	**erhöht, träge Zuckung** (An > Ka)
Stadium III.	6.—ca. 12. Woche	wird normal	wird normal	wird normal	wird normal

oder aber (bei langsam oder progressiv verlaufenden Prozessen):

Stadium III.	6. —x. Woche	sinkend bis erlöschend	sinkend bis erlöschend	sinkend bis erlöschend	**sinkend bis erlöschend, Zuckung bleibt träge** (An > Ka)

*) Die Zahlen bezeichnen nur Durchschnittswerte. Die obere Reihe der eingeklammerten Zahlen betrifft immer die (seltene) leichte Form der kompletten Ea R, die untere Reihe die mittelschwere.

Zum Verständnis der Tabelle ist folgendes zu bemerken, wobei als Paradigma eine Schlaflähmung des N. radialis dienen möge:

Die leichte und mittelschwere komplette Ea R.

Ad I. (leichte und) mittelschwere komplette Ea R.

Stad. I: Initialstadium. Die elektrischen Veränderungen machen sich nicht sofort, z. B. unmittelbar im Anschluß an eine Verletzung geltend, sondern — ebenso wie auch die anatomischen sichtbaren Veränderungen der Nerven und insbesondere der Muskeln — erst einige Tage, meist 5—7 Tage, später. Um diese Zeit findet man, daß sowohl bei Reizung des Nerven selbst (indirekter Reizung) als bei Reizung der einzelnen vom Nerven versorgten Muskeln (direkter Reizung) die Erregbarkeit für beide Stromarten einfach herabgesetzt ist. Es bedarf, um eine Minimalzuckung zu erhalten, stärkerer faradischer und galvanischer Ströme als in der Norm resp. als an der gesunden Seite. Dabei ist die Form der Zuckung die normale, das Zuckungsgesetz zeigt den gewöhnlichen Ablauf. Häufig pflegt die Herabsetzung der direkten Muskelerregbarkeit etwas später aufzutreten als die der indirekten, also etwa anfangs der zweiten Woche. Mitunter geht sowohl ihr als der Herabsetzung der Nervenerregbarkeit ein kurzdauernder Zustand gesteigerter Exzitabilität vorauf.

Stad. II: Höhepunkt der Erkrankung. Wenn man denselben Nerven, also z. B. den gequetschten Radialis, später, etwa in der 2.—5. Woche, untersucht, so zeigt sich nunmehr, daß seine Erregbarkeit sowohl für den galvanischen als für den faradischen Strom völlig erloschen ist. Gewöhnlich gehen die Veränderungen (Herabsetzung, Erlöschen der Erregbarkeit usw.) für den galvanischen und faradischen Strom bei Nervenreizung und für den faradischen bei Muskelreizung ziemlich gleichzeitig vor sich. Es gibt aber nach dieser Richtung hin Abweichungen verschiedener Art.

Prüft man jetzt die von dem gelähmten Nerven versorgten Muskeln direkt, so bemerkt man, daß auch diese auf die stärksten faradischen Ströme nicht reagieren; auf den galvanischen Strom hingegen reagieren sie nicht nur, sondern ihre Erregbarkeit ist erhöht (die minimale Ka SZ tritt bei weit schwächeren Strömen ein als auf der gesunden Seite; bei verhältnismäßig geringen Stromstärken sieht man An ZZ und besonders Ka STe)*). Zu diesen quantitativen Störungen gesellt sich aber ein zweites, qualitatives Moment der Veränderung: Die galvano-muskuläre Zuckung hat nämlich den normalen, blitzartigen Charakter verloren, sie ist träge („wurmförmig") geworden: sie beginnt langsam und klingt langsam wieder ab. — Oft kommt es in diesem Stadium auch vor, daß nicht, wie in der normalen Zuckungsformel, die Ka S das erste Reizmoment

---

*) Der „Polaritäts- und Kontraktionskoeffizient" (s. S. 65, Fußnote) ist dabei niedriger geworden, d. h. das Verhältnis der Stromstärken, die Ka SZ und An SZ, sowie derjenigen, die Ka SZ und Ka STe erzeugen, ergibt kleinere Werte als in der Norm. — Bei Drucklähmungen ist auch beobachtet worden, daß die Ka OZ relativ früh auftritt, daß also ihr Minimalwert sich dem der Ka SZ nähert (Geigel-Richs Kompressionsreaktion).

ist, auf welches eine Kontraktion erfolgt, sondern daß die An SZ oder die An OZ schon bei schwächeren Strömen eintritt. Dieses Symptom, das man als Umkehr des Zuckungsgesetzes bezeichnet hat, ist aber nicht konstant: es ist kein unbedingtes Erfordernis für die Konstatierung von Ea R. **Das Hauptmerkmal der Ea R, das für sie pathognostische und zuverlässigste, ist die träge Zuckung.**

Ein weiteres häufiges, aber ebenfalls nicht unerläßliches Vorkommnis ist es dabei, daß der erregbarste Punkt des entarteten Muskels seine Stelle verändert: nicht mehr am Nerveneintrittspunkte ist die Erregbarkeit am größten, sondern weiter nach einem der Muskelenden zu; es gibt sogar einzelne Fälle von Ea R, in denen die Zuckungsträgheit auf diesen „verschobenen" Punkt beschränkt ist, während vom normalen motorischen Punkte aus eine prompte Zuckung erfolgt (E. Remak, Ghilarducci, Doumer, Wertheim-Salomonson).

Anm. Eine ähnliche und vielleicht völlig identische Erscheinung ist die sog. longitudinale Reaktion (Doumer, Sudnik), bei der die galvanische Reizung des Muskels nur dann Erfolg hat, wenn man den Strom durch die ganze Länge des Muskels von einem Ende zum andern leitet.

In der Tatsache der stärkeren Erregbarkeit der Muskelendteile im degenerierten Muskel, in dem der Erregbarkeitsverlust sukzessive von der Nerveneintrittsstelle zu den Muskelenden sich ausbreitet, liegt nach Wieners bemerkenswerten Experimenten und den Untersuchungen von May auch die Erklärung für die oben erwähnte „Umkehr des Zuckungsgesetzes"; nach Wiener beruht dieses Phänomen auf der Reizung der im Degenerationszustande besonders erregbaren Muskelenden durch sog. „virtuelle Kathoden"*), die an diesen Stellen auftreten, sobald die Anode als Reizelektrode in der Muskelmitte sitzt. Bei negativer Reizelektrode dagegen werden die erregbaren Muskelendteile von den wenig wirksamen „virtuellen Anoden" getroffen. Bei normalen Muskeln fallen Reizpunkt und erregbarster Punkt in der Muskelmitte zusammen. Es treffen also bei Anodenreizung die am Muskelende auftretenden virtuellen Kathoden relativ wenig erregbare Punkte. Deshalb ist in der Norm im allgemeinen das Verhalten ein umgekehrtes. Nur zeigen, wie Wiener gefunden hat, aus bestimmten physikalischen Gründen die gefiederten Muskeln oft auch in der Norm die Umkehr der Zuckungsformel (an den Interrossei der Hand z. B. und am Deltoideus läßt sich das nicht selten nachweisen). — Eine etwas abweichende, aber viel weniger befriedigende und darum hier nicht anzuführende Erklärung für die Umkehr der Formel gibt Achelis, dessen Untersuchungen übrigens insofern ein großes theoretisches Interesse haben, als sie die zwischen dem tierischen (Pflügerschen) und dem menschlichen Zuckungsgesetz (s. S. 23 ff.) scheinbar bestehende Kluft überbrücken.

Die Frage, wie die übrigen Symptome der Ea R, insbesondere das Erlöschen der faradischen, die Steigerung der galvanischen Frregbarkeit und die Zuckungsträgheit zu erklären sind, ist Gegenstand vieler Untersuchungen gewesen. Nach v. Strümpell, Löwenthal, Jamin u. a. weist auch die normale Muskelsubstanz, wenn sie ihrer Nervenversorgung beraubt ist, träge galvanische Zuckung und Unerregbarkeit gegen die kurzdauernden Stöße des Induktionsstroms auf; die Entartungsreaktion wäre demnach gar nicht auf Entartung, sondern auf Nervenentblößung des Muskels zurückzuführen, sie wäre die Reaktion des „entnervten Muskels". Dieser von Erb u. a. be-

*) Unter virtuellen Polen versteht man diejenigen zu supponierenden Stellen im Körperinnern, an denen die einer Muskelfaser zugeführten Stromfäden dieselbe wieder verlassen.

kämpften Auffassung gegenüber steht die von Joteyko, nach welcher die erwähnten Zeichen der Ea R aus wirklicher „Entartung" zu erklären seien, und zwar in der Weise, daß im Zustande der Degeneration die fibrilläre Muskelsubstanz zugrunde geht (Verlust der Querstreifung!) und das danach allein übrigbleibende Sarkoplasma ähnlich wie die glatten Muskeln auf die schnell aufeinanderfolgenden faradischen Reize rasch ermüdet und schließlich gar nicht mehr antwortet, auf galvanische aber (und zwar auf die An besser als auf die Ka) mit träger Zuckung reagiert. Schließlich hat in allerletzter Zeit Reiß unter Ablehnung aller früheren Theorien und Untersuchungsresultate, auch derer von Wiener und Achelis, Experimente angestellt, nach deren Ergebnissen er sämtliche Symptome der Ea R aus chemisch-physikalischen Veränderungen des Muskelgewebes, in erster Reihe aus einer Alteration der Zellmembranen infolge veränderten Salzgehalts des Muskels erklärt wissen will. Die nach den übrigen Theorien nicht recht verständliche galvanische Erregbarkeitssteigerung findet nach ihm ihre Begründung in der Unfähigkeit des entarteten Muskels, sich, wie das der normale tut, an die dauernde Einwirkung des während der ganzen Schließung durchgehenden galvanischen Stroms zu gewöhnen, also gewissermaßen aus dem Wegfall normaler Reguliermechanismen. Freilich bleibt auch nach dieser Theorie, deren Einzelheiten zu erörtern hier nicht der Platz ist, und deren experimentelle Grundlagen überdies nach Wiener auf groben Irrtümern zu beruhen scheinen, noch manche Tatsache unerklärt, so z. B. die Befunde Dubois' und E. Remaks von Reaktion schwer degenerierter Muskeln auf faradische Einzelschläge.

Die Form der Muskelzuckung in verschiedenen Stadien des Entartungsprozesses ist verschieden. M. Mendelssohn hat eingehende Untersuchungen darüber angestellt und in der „paralytischen, atrophischen und degenerativen" sowie in der „spasmodischen" Muskelkurve (s. auch S. 60) in illustrativer Weise diese differenten Formen zur Anschauung gebracht.

Gewöhnlich findet man, daß in diesem Stadium auch die mechanische Muskelerregbarkeit (z. B. durch Beklopfen mit dem Perkussionshammer geprüft) gesteigert ist, und daß auch die durch diese erzeugte Kontraktion träge abläuft.

Während bei leichten Erkrankungsfällen dieses Stadium des „Höhepunktes" etwa 2—5 Wochen dauert, währt es bei den schwereren Formen viel länger, etwa 15—20—30 Wochen, ehe sich für den elektrischen Strom eine Veränderung im Sinne der Heilung oder des Muskelunterganges bemerkbar macht*). Diese Zahlenangaben, wie alle Zahlenangaben der Tabelle, sind — das soll noch einmal betont werden — natürlich nur Durchschnittswerte: manchmal vergehen 40 Wochen, ja selbst ein Jahr und mehr, ohne daß eine wesentliche Tendenz zur Veränderung sich im erkrankten Gebiete elektrisch und auch funktionell nachweisen läßt. Und doch können noch selbst nach dieser langen Zeit die Erscheinungen sich zur Norm zurückbilden: es beginnt in vielen Fällen erst dann das

Stad. III: Stadium der Regeneration: Dann zeigt sich nämlich — in seltenen Fällen etwa nach der 5.—8. Woche, meistens etwa in der 15.—30. — eine allmähliche Wiederkehr der indirekten (Nerven-) Erregbarkeit für beide Stromarten: auch

*) Diese letzteren, die mittelschweren Fälle der Ea R, die also etwa nach 15—20 Wochen die erste Heilungstendenz zeigen, sind sehr viel häufiger als die leichten, die meistens nach 6—8—12 Wochen abgelaufen sind.

die farado-muskuläre" (d. h. die faradische direkte) Erregbarkeit kehrt wieder: anfangs nur für starke Ströme, später für dieselben Stromstärken wie an der gesunden Seite, — anfangs nur für einen oder den anderen Muskel, allmählich für immer mehr, treten bei indirekter Reizung (mit einer von beiden oder beiden Stromarten) resp. bei direkter faradischer Reizung Muskelkontraktionen ein. Und um dieselbe Zeit etwa sinkt die früher abnorm erhöhte galvanische Muskelerregbarkeit bis zur Norm, ja häufig etwas unter die Norm; dabei verliert — und das ist besonders wichtig — die Form der Zuckung ihren trägen Charakter: sie bekommt zunächst ein unbestimmtes Aussehen (sie ist nicht mehr „wurmförmig", jedoch immer noch deutlich langsamer als in der Norm), dann büßt sie nach und nach den Charakter der Trägheit gänzlich ein und wird schließlich wieder „blitzartig". — Wenn die „Umkehr der Zuckungsformel" vorhanden gewesen war, so gleicht sich auch diese aus, indem zunächst die An ZZ = Ka SZ werden, bis schließlich wieder die Ka SZ überwiegt.

Stad. IV. Schließlich ist alles normal geworden, nur ist die Erregbarkeit (besonders die muskuläre) gewöhnlich noch längere Zeit herabgesetzt, subnormal, ohne daß jedoch noch irgendwelche qualitative Abnormität besteht.

Ad II. schwere komplette Ea R.

Die schwere komplette Ea R.

In Fällen, in denen die Läsion derart ist, daß eine Heilung nicht zustande kommen kann (also z. B. bei irreparablen, einen Nerven komprimierenden Tumoren oder bei Kontinuitätstrennungen eines Nerven, die dauernd bestehen bleiben), bietet zunächst die elektrische Untersuchung dasselbe Bild, wie bei den leichten und mittelschweren Fällen.

Stad. I und II verlaufen in derselben Weise wie bei den heilbaren Fällen. Gegen Ende der ersten Woche Herabsetzung der indirekten sowohl als der direkten Erregbarkeit für beide Stromarten: in den nächsten Wochen völliges Erlöschen der Nervenerregbarkeit für beide Ströme und Erlöschen der direkten Muskelerregbarkeit selbst für stärkste faradische, während die galvanische Muskelreaktion das typische Bild der Ea R zeigt: erhöhte Erregbarkeit, träge Zuckung usw. — Aber an Stelle des Stadiums der Regeneration tritt jetzt als

Stad. III: Das Stadium des völligen Muskelunterganges. Die indirekte Erregbarkeit (vom Nerven aus) bleibt dauernd erloschen, ebenso die faradische direkte Muskelerregbarkeit. Die galvano-muskuläre erhöhte Erregbarkeit sinkt zwar ebenfalls, wie bei den heilbaren Fällen, aber sie sinkt weit unter die Norm, und die Zuckung wird nicht rascher, sondern bleibt träge, ja wird sogar, wie auch myographisch festgestellt ist, mit der Zeit noch träger und schleichender (auch die Zuckungsformel zeigt, wenn sie verändert war, keine Tendenz, zur Norm zurückzukehren). Schließlich, mitunter schon nach Wochen und Monaten, mitunter erst nach Jahren, ist nur noch mit sehr starken Strömen eine ganz wurmförmige (Anoden-) Zuckung auszulösen; zuletzt erlischt auch diese: das Muskelgewebe

ist untergegangen, Zwischengewebe ist an die Stelle der kontraktilen Substanz getreten. —

Ad III. partielle Ea R.

Die partielle Ea R.

Die partielle Ea R. bietet, wie schon erwähnt wurde, gleichsam eine Skizze des oben gezeichneten typischen Bildes der Ea R. Das

Stad. I gleicht dem der kompletten meistens gänzlich: Herabsetzung der Erregbarkeit für beide Stromarten sowohl bei direkter als bei indirekter Reizung gegen Ende der ersten Woche. Gelegentlich besteht in dieser Zeit auch normale oder erhöhte Erregbarkeit.

Stad. II. In den nächsten Wochen jedoch tritt kein Erlöschen der Erregbarkeit ein, sondern sowohl die Erregbarkeit vom Nerven aus als die faradische Muskelerregbarkeit bleiben erhalten; sie zeigen nur eine mehr oder weniger starke Herabsetzung. Mitunter bleiben sie auch ganz normal. Dagegen bietet die galvano-muskuläre Reaktion alle Charakteristika der Ea R: träge Zuckung*), erhöhte Erregbarkeit (und ev. Umkehr der Zuckungsformel). —

Stad. III. Nach wenigen — meistens 6 bis 12 — Wochen gleicht sich alles aus und kehrt zur Norm zurück.

Maligne Form der partiellen Ea R.

Aber die partielle Ea R nimmt auch mitunter einen ganz anderen, nicht so gutartigen Verlauf. Er ist besonders häufig bei den progressiven Erkrankungen, z. B. den spinalen oder bulbären Myatrophien, der Syringomyelie usw., überhaupt bei Erkrankungen im Gebiete der Ursprungszellen der peripherischen motorischen Neurone, aber auch bei langsam wachsenden, einen Nervenstamm komprimierenden Tumoren nachzuweisen. Hier zeigt sich nämlich in der ersten Zeit zwar dasselbe elektrische Verhalten, wie es eben als Stad. II beschrieben wurde. Aber die Herabsetzung der indirekten und faradischen direkten Erregbarkeit bleibt sehr lange, monate- und selbst jahrelang, bestehen: die Erregbarkeit sinkt immer mehr, aber zum Erlöschen kommt es nicht. Während dieser Zeit sinkt auch die anfangs erhöhte galvano-muskuläre Erregbarkeit bis zur Norm, oft auch weit unter die Norm, während die Zuckung ihren trägen Charakter beibehält. Dieser Zustand kann dauernd bestehen bleiben: oder es erfolgt nach Jahren ein Erlöschen aller Erregbarkeit — sowohl der direkten als der indirekten für beide Stromarten. —

Anm. Bei den spinalen und ähnlichen Myatrophien langsamer Progression (übrigens auch bei anderen spinalen Erkrankungen) finden sich demnach besonders häufig drei Formen elektrischer Veränderungen:

1. einfache Herabsetzung der Erregbarkeit (s. S. 69) für beide Stromarten (sowohl direkt als indirekt), progredient bis zum Erlöschen;

2. komplette Ea R (schwere Form); oder — am häufigsten —

*) Mitunter findet man bei der partiellen Ea R die Zuckungsträgheit nur vom „verschobenen" Punkte aus (s. S. 77), während am Nerveneintrittspunkte die Kontraktion blitzartig ist; oder die Zuckungsträgheit beschränkt sich auf die An ZZ, während die Ka SZ prompt erfolgt.

3. die eben geschilderte Form (wenn man so sagen darf, die „maligne“ Form) der partiellen Ea R.

Die 1. und 3. Form unterscheiden sich im Aussehen und Ablauf im wesentlichen dadurch, daß bei der „malignen“ partiellen Ea R die galvanomuskuläre Zuckung mehr oder weniger träge ist, während sie bei der einfachen progressiven Herabsetzung blitzartig bleibt.

Das Fahnden nach einer der verschiedenen Formen der Ea R und das Heraussuchen des jeweiligen Stadiums derselben hat 1. einen lokal-diagnostischen, 2. einen prognostischen Wert; 3. gelegentlich auch einen therapeutischen. Das bezüglich der Lokaldiagnose Erwähnenswerte ist bereits oben genügend hervorgehoben worden: Ea R beweist (Ausnahmen s. unten S. 88) ein Befallensein der peripherischen motorischen Neurone. An welcher Stelle des Neurons die Erkrankung sitzt, muß die anderweitige Untersuchung — die der Motilität, der Sensibilität, der Reflexe, die Anamnese usw. — ergeben. Fehlen von Ea R schließt freilich ein Betroffensein peripherischer Nerveneinheiten nicht völlig aus; nur ist in solchen Fällen ihr Vorhandensein bei weitem das häufigste. Sie wird lediglich bei den leichtesten Erkrankungen und mitunter (s. oben) aber durchaus nicht besonders häufig, bei langsam progredienten Leiden vermißt.

Über das Stadium, in welchem sich der Prozeß befindet, über die Schwere der Ea R und demgemäß über die Dauer und Prognose des einzelnen Falles orientiert man sich nach dem Gesagten (ev. mit Hilfe der Tabelle) in den meisten Fällen ohne Schwierigkeit.

Die Benutzung der Tabelle.

Kommt (um ein Beispiel anzuführen) ein Patient mit einer rheumatischen Fazialislähmung am 3. Tage nach der Läsion zur ärztlichen Untersuchung, und es findet sich bei der elektrischen Prüfung keine Abweichung von der Norm, so ist die Untersuchung nach 3 bis 4 Tagen zu wiederholen. Ist am 7.—8. Krankheitstage noch immer keine Veränderung da, dann ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß sich komplette Ea R nicht einstellen wird: es könnte immerhin noch partielle Ea R bzw. einfache Herabsetzung der Erregbarkeit sich entwickeln, oder es bleibt dauernd normales Verhalten bestehen. Anders, wenn sich um diese Zeit (also Ende der ersten, Anfang der zweiten Krankheitswoche) Herabsetzung der direkten oder indirekten Erregbarkeit (oder beides) zeigt. Auch dann ist zwar noch immer möglich, daß es bei der rein quantitativen Störung bleibt, aber es kann sich doch auch um den Anfang partieller oder kompletter Ea R handeln.

Mit Sicherheit entscheidet sich das gewöhnlich in der 2. bis spätestens 3. Woche nach der Läsion: tritt um diese Zeit irgendwo in den Muskeln bei galvanischer Reizung träge Zuckung auf, dann ist das Vorhandensein von Ea R sicher. Auf die **galvanomuskuläre Zuckungsform** also ist die besondere Aufmerksamkeit bei der Untersuchung zu lenken. Gewöhnlich wird dann auch gleichzeitig Erhöhung der galvano-muskulären Erregbarkeit (oft auch Umkehr der Zuckungsformel und Punktverschiebung) bemerkt.

Und um dieselbe Zeit oder wenig später pflegt es sich auch zu entscheiden, ob die EaR partiell oder komplett ist: erlischt nämlich die Nervenerregbarkeit und die faradische Muskelerregbarkeit, dann handelt es sich um komplette EaR; erlischt sie nicht, — um partielle (gleichgültig, ob die Erregbarkeit normal, herabgesetzt oder auch gesteigert ist). Im letzten Falle wird die Krankheitsdauer ca. 6 bis 12 Wochen nicht übersteigen; bei erloschener indirekter und faradischer Muskelerregbarkeit wird das Leiden in der Regel $1/_2$—$3/_4$ Jahr dauern (die seltenen Fälle leichter kompletter EaR ausgenommen), vielleicht aber überhaupt unheilbar bleiben.

Eine wichtige Differentialdiagnose.

Diese letztere, sehr wichtige, prognostisch bedeutsame Differentialdiagnose aber, nämlich die zwischen der mittelschweren und der schweren Form der EaR, kann um diese Zeit gewöhnlich noch nicht gestellt werden, sondern erst in späterer Zeit, jedenfalls meistens erst nach der 8.—10., oft erst nach der 15.—20. Woche: ist um diese Zeit irgendwo an Muskeln oder Nerven, deren Erregbarkeit erloschen war, eine Wiederkehr zu finden, also ist z. B. bei starken Strömen nach indirekter (Nerven-) Reizung wieder in irgendeinem Muskel des erkrankten Gebiets eine Zuckung zu sehen, oder reagiert einer der bis dahin unerregbaren Muskeln auf den faradischen Strom direkt (wenn auch vielleicht erst bei großen Stromstärken), so ist das ein prognostisch günstiges Zeichen, ein Zeichen dafür, daß wahrscheinlich eine heilbare Form vorliegt. Je mehr Muskeln direkt oder indirekt reizbar werden, um so günstiger wird die Prognose. — Wenn aber von alledem nichts erfolgt, dann ist es von Wichtigkeit, auf die Form der galvanischen Muskelkontraktion zu achten: sinkt nämlich die galvano-muskuläre Erregbarkeit und wird dabei die früher träge Zuckung **rascher,** dann ist die Prognose im allgemeinen günstig (s. Tabelle, Stad. III der mittelschweren kompletten EaR). Sinkt dagegen die galvano-muskuläre Erregbarkeit und bleibt dabei die Zuckung andauernd **träge,** ja wird vielleicht noch träger, dann ist die Prognose im allgemeinen ungünstig: es handelt sich dann um die schwere Form der kompletten EaR (s. Tabelle, Stad. III der schweren EaR). Freilich soll man mit dem Stellen einer ungünstigen Prognose lange Zeit warten: selbst nach 30, 40 Wochen, ja sogar nach einem Jahre und später sieht man eine Wiederkehr der Erregbarkeit und ein Normalwerden der galvanomuskulären Reaktion.

Indem von weiteren Beispielen Abstand genommen wird, sei nur noch auf folgende, praktisch wichtige Tatsachen aufmerksam gemacht:

Eine spezielle prognostische Bedeutung.

1. Eine spezielle prognostische Bedeutung kommt der EaR für einzelne Formen peripherischer Lähmungen zu. Das sind die sog. rheumatischen Fazialislähmungen und einzelne Drucklähmungen, z. B. die Radialisschlaflähmung usw. Die Lähmungen dieser Art sind in der Mehrzahl der Fälle heilbar, und man kann drei Gruppen von ihnen unterscheiden:

a) Lähmungen ohne EaR: heilen meist in 2—3 Wochen.

b) Lähmungen mit partieller Ea R: heilen in etwa 6—12 Wochen.

c) Lähmungen mit kompletter Ea R (es handelt sich da gewöhnlich um die mittelschwere Form): brauchen mindestens 6—9—12 Monate bis zur Heilung.

In allen solchen Fällen kann man meistens bereits am Ende der ersten, bzw. in der zweiten Woche dem Patienten seine Prognose sagen: findet man um diese Zeit normales elektrisches Verhalten, dann handelt es sich um einen Fall aus Gruppe a, der in 2—3 Wochen gewöhnlich geheilt ist. Ist um diese Zeit partielle Entartungsreaktion nachzuweisen, dann pflegt etwa nach 8 Wochen das Leiden abgelaufen zu sein*). Ist dagegen die indirekte Erregbarkeit und die direkte faradische erloschen bei gleichzeitigem Bestehen galvano-muskulärer Entartungsreaktion, dann vergehen mindestens 6—9 Monate, bis die Heilung erfolgt, wenn sie nicht — auch bei diesen prognostisch relativ günstigen Fällen — gänzlich ausbleibt. —

Abweichungen vom Schema.

2. Während die meisten Fälle spinaler und bulbärer (besonders progressiver) Erkrankungen sowie die traumatischen und rheumatischen Läsionen der peripherischen Nerven in einen der oben gegebenen Typen sich unterordnen lassen und demnach bei ihnen das elektrodiagnostische Verfolgen vorhandener degenerativer Veränderungen für Diagnose und Prognose ein wertvolles Hilfsmittel abgibt, läßt uns das Schema bei einzelnen Krankheitsformen (namentlich bei vielen Neuritiden — fortgeleiteten, toxischen oder infektiösen —, bei den Nervenkompressionen und Meningitiden usw.) nur allzu häufig im Stich. Zwar kann es cum grano salis auch für diese Fälle meistens verwertet werden, und besonders der prognostische Unterschied zwischen der kompletten und partiellen Form der Ea R ist auch hier in der Regel nachzuweisen. Aber im Ablaufe bieten diese Fälle so viele Unregelmäßigkeiten, die zum Teil von äußeren Zufälligkeiten (Fortwirken oder zeitweisem Ausgeschaltetwerden toxischer Einflüsse usw.) abhängen, daß sich eigentliche Typen für den Ablauf dieser Erkrankungen nicht gut aufstellen lassen. (Über Bleilähmung s. S. 73. Fußnote.)

Die aktive Beweglichkeit.

3. Der Verlust oder die Störung der aktiven willkürlichen Muskelbeweglichkeit geht bei Lähmungen mit den elektrischen Veränderungen ebensowenig völlig synchron wie die ev. Wiederkehr dieser Beweglichkeit. Bald ist zuerst die Lähmung da und die elektrischen Veränderungen folgen dieser nach (so tritt z. B. meistens bei traumatischen Lähmungen unmittelbar nach dem Trauma Unbeweglichkeit, aber erst tagelang nachher Ea R ein); bald andererseits verkündet eine elektrische Veränderung in einem sonst anscheinend intakten Muskel den Beginn der Paralyse oder Parese des Muskels längere Zeit voraus (z. B. mitunter bei progressiven spinalen, bei Blei-

*) Allerdings kann sich in einzelnen (seltenen) Fällen noch spät — nach 5 Wochen — aus partieller Ea R komplette entwickeln.

lähmungen usw.): in den letzteren Fällen ist natürlich der elektrische Befund von besonderer Bedeutung. — Bei den einer Regeneration fähigen Prozessen pflegt meistens die Willensinnervation früher wiederzukehren als die Reaktion auf den elektrischen Reiz; doch kommen hier erhebliche Abweichungen vor. In vereinzelten Fällen ist die Divergenz zwischen Ablauf der Lähmung und der elektrischen Entartungszeichen ganz besonders beträchtlich: so wurde z. B. beobachtet, daß erst nach völliger Wiederkehr der Funktion die ersten Zeichen von Ea R auftraten (Wertheim-Salomonson bei peripherischer Fazialislähmung); andererseits aber kann noch nach längst vollendetem Ablauf von Ea R jahrelange Unbeweglichkeit bestehen bleiben (Placzek, Bernhardt, eigene Beobachtungen, zum Teil von Sossinka publiziert). Alle diese Fälle sind aber sicherlich Ausnahmen. Die zuletzt genannten insbesondere, die sämtlich infantile Gesichtslähmungen betrafen, sind offenbar als „funktionell" (im weitesten Sinne) aufzufassen, als „Akinesien", entstanden — ähnlich der Taubstummheit im Kindesalter — aus einem die eigentliche Lähmung überdauernden Verlust von Bewegungsvorstellungen infolge Wegfalls von Bewegungsempfindungen (Gewohnheitslähmung, metaparalytische psychogene Akinesie, Toby Cohn).

Partielle Lähmungen.

4. In vielen Fällen sind im Gebiete eines gelähmten Nerven nicht alle Muskeln — oder doch nicht alle in gleich hohem Grade — von der Lähmung betroffen und zeigen demnach auch nicht das gleiche elektrische Verhalten. Das ist leicht begreiflich, wenn man an einen myogenen, gleichsam von Muskel zu Muskel fortkriechenden oder an einen den Muskel direkt treffenden Prozeß, z. B. ein Trauma, denkt. (Die elektrischen Veränderungen in solchen Fällen sind übrigens, wie oben S. 68 ausgeführt, gewöhnlich rein quantitativer Natur.) — Schwerer verständlich könnte das Vorkommen partieller Lähmungen sein, wenn es sich um Erkrankung eines peripherischen Nerven oder des Zentralorgans handelt.

Folgende anatomische Daten werden das Verständnis für diese Tatsache erleichtern:

Die Lokalisation im Rückenmark.

a) Die spinalen motorischen Vorderhornzellen, von denen aus die Bewegungsimpulse zu irgendeinem bestimmten Körpermuskel geleitet werden, liegen nicht in einem einzigen Höhenniveau des Rückenmarks; es ist vielmehr die zentrale Zellenvertretung eines einzigen Muskels oft über eine ganze Reihe von Querschnittssegmenten verteilt.

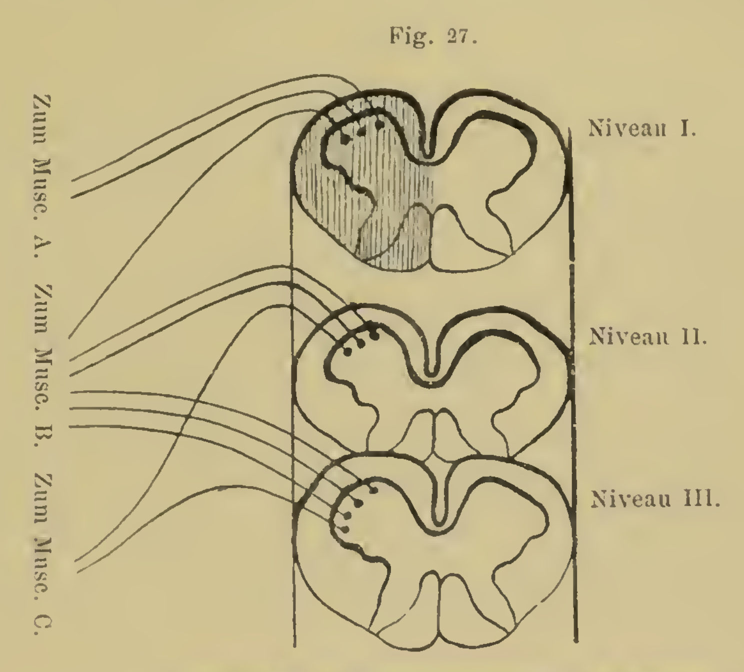
b) In einem und demselben Höhenniveau finden sich andererseits gewöhnlich mehrere verschiedene Körpermuskeln durch Zellen vertreten.

Die nebenstehende schematische Figur (Fig. 27) soll die aus diesen Tatsachen sich ergebenden Folgerungen erläutern:

Nehmen wir als Beispiel einen Nervus x, so sehen wir an der schematischen Zeichnung, daß dieser Nerv seine Fasern aus drei Höhenniveaus bezieht: Niveau I, II und III. Das Niveau I entsendet erstens Fasern zu einem Musculus A, der sonst von nirgendwoher weitere Fasern bezieht, und zweitens eine Faser zu einem Musc. B, der die große Menge seiner Fasern aus Niveau II und III bezieht. Niveau II entsendet außerdem noch eine Faser zu einem Musc. C, der noch eine weitere Faser vom Niveau III erhält. — Nehmen wir nun an, ein Krankheitsherd zerstörte

das Niveau I halbseitig, dann müßte der Musculus A völlig entarten, da alle ihn versorgenden Zellen und Fasern degenerieren würden; der Musc. B würde ebenfalls geschädigt werden, aber so wenig, daß bei der Menge seiner von andersher bezogenen Fasern sich funktionell und elektrisch entweder ein wesentlicher Faserausfall überhaupt nicht würde konstatieren lassen oder doch die Veränderungen nur geringfügiger Natur sein würden; der Musc. C würde gänzlich intakt bleiben. — Wenn man in einem solchen Falle den Stamm des Nervus x elektrisch reizen würde, dann würde man in dem von

Fig. 27.



Schema der Rückenmarks-Lokalisation.

ihm versorgten Gebiet zwar Muskelkontraktionen auf beide Stromarten erhalten, aber nicht alle Muskeln würden zucken, sondern nur Musc. B und C, während im Musc. A keine Kontraktionen erfolgen würden. Wenn man nun die einzelnen Muskeln direkt elektrisch reizte, so fände man, daß der Musc. A faradisch unerregbar wäre und galvanomuskuläre Ea R zeigte; im Musc. B fände man entweder gänzlich normales Verhalten bzw. leichte Herabsetzung der Erregbarkeit oder auch nur herabgesetzte faradische Erregbarkeit bei galvanomuskulärer Ea R (partielle Ea R); der Musc. C würde keinerlei Veränderung zeigen. — Man hätte also im Gebiete des Nervus x drei Muskeln; von denen zeigte der eine, Musc. A, komplette Ea R (er wäre indirekt und faradisch direkt unerregbar und hätte galvanomuskuläre Ea R); der andere, Musc. B, normales Verhalten oder einfache Herabsetzung oder partielle Ea R; der dritte, Musc. C, normales Verhalten.

Solche partiellen Lähmungen eines Nervengebietes, bei welchen die einzelnen, von diesen Nerven versorgten Muskeln untereinander ein ganz verschiedenes nutritives, funktionelles und elektrisches Verhalten zeigen, sind außerordentlich häufig. Besonders finden sie sich bei Erkrankungen, die die Ursprungszellen peripherischer motorischer Neurone betreffen, also vorzüglich bei spinalen (oder bulbären) Leiden. So ist es z. B. bei der Poliomyelitis acuta der Kinder ein häufiges Vorkommnis, daß bei dem „Beintypus“ dieser Krankheit in dem am meisten befallenen Peroneusgebiete ein Muskel, z. B. Tibialis anterior, komplette Ea R zeigt, dagegen die anderen Muskeln nur mehr oder minder leichte Schädigungen darbieten oder völlig intakt bleiben;

mutatis mutandis trifft dies für viele andere Fälle spinaler Erkrankungen zu.

Aber auch bei Verletzungen oder anderen Erkrankungen des Nervenstammes selbst ist es gar nicht selten, daß nicht alle seine Fasern in gleicher Weise erkranken, obwohl bei dem relativ geringen Querschnitt der Nervenstämme ein partielles Ergriffensein derselben naturgemäß weniger leicht vorkommen kann als ein partielles Erkranken der räumlich weit getrennten Ursprungszellen im Vorderhorn. — Von diesen Fasererkrankungen sind es namentlich die toxischen Lähmungen, die eine Art Auswahl unter den Muskeln eines bestimmten Nervengebiets treffen; so erkranken beispielsweise bei der Bleilähmung meist nur einige Muskeln vom Radialisgebiete: die Strecker und der lange Abduktor des Daumens, sowie die Supinatoren (mitunter auch der Extensor carpi ulnaris) bleiben in der Regel frei und von der Lähmung verschont. Ja es kommt vor, daß ein Teil des Fingerstreckers gelähmt, ein anderer intakt ist (s. oben S. 46). In diesen Fällen erhält man vom N. radialis aus bei elektrischer Reizung zwar Zuckungen, aber nur Zuckungen einiger, nicht aller vom Radialis versorgten Muskeln; und in diesen indirekt unerregbaren Muskeln findet man verschiedene, bald schwere, bald leichte elektrische Veränderungen. Diese partiellen Lähmungen mit Ea R (kompletter oder partieller) eines oder einiger Muskeln im erkrankten Gebiete darf der Anfänger nicht mit partieller Ea R verwechseln.

Dasselbe, was sich bei der Bleilähmung und andern toxischen Paralysen findet, ist auch sonst bei peripherischen Fasererkrankungen, also z. B. den rheumatischen und traumatischen, anzutreffen, besonders oft bei den in frühster Kindheit erworbenen Fazialislähmungen (s. S. 72 und 84).

Häufig freilich, wenn man an einem erkrankten Nervengebiete in verschiedenen Muskeln ein verschiedenes elektrisches Verhalten sieht — z. B. in einigen komplette, in anderen partielle Ea R oder dgl. —, ist das ein Zeichen beginnender Regeneration: in diesem Stadium der Ea R (s. d. Tabelle S. 75) ist ja ein Wiederkehren vorher erloschener Erregbarkeit gradezu die Regel; und dieses Wiederkehren geschieht gewöhnlich so, daß sich eine oder die andere Fasergruppe früher erholt als die übrigen. Oft aber ist ein partielles, mehr oder weniger vollkommenes Verschontbleiben einzelner Muskeln, dem auch ein analoges elektrisches Verhalten entspricht, bei Fasererkrankungen dieser Art gleich von Anfang an vorhanden, so bei manchen Fazialislähmungen (Gowers, Mann, Toby Cohn).

Für den Untersucher, besonders für den Anfänger, ergibt sich aus dem Gesagten, daß es nötig ist, bei jeder elektrischen Prüfung 1. direkt womöglich alle Muskeln eines erkrankten Gebiets zu untersuchen und die Untersuchungsbefunde öfters zu kontrollieren, 2. bei indirekter Reizung (vom Nerven aus) immer darauf zu achten, ob auch alle von dem suspekten Nerven versorgten Muskeln sich kontrahieren, oder ob die Wirkung einiger ausbleibt: letzteres erkennt man in vielen Fällen am fehlenden Vorspringen der Muskelkonturen oder am Ausfall der

betr. Muskelfunktion aus der Gesamtaktion, die auf die Nervenreizung erfolgt*).

Anhang zur EaR.

Es sind noch einige Vorkommnisse besonders zu erwähnen, die bei der EaR ab und zu beobachtet werden, ohne jedoch Anspruch auf besondere diagnostische oder prognostische Bedeutung zu haben. Sie müssen nur genannt werden, weil sie in manchen Fällen auffallen und stutzig machen könnten:

Es war bisher von einer trägen Zuckung als Zeichen der EaR immer nur bei der direkten Muskelreizung die Rede, und zwar bei Reizung mit dem galvanischen Strom. Nun kommen aber

Indirekte Zuckungsträgheit.

1. Fälle vor, in denen auch bei indirekter Reizung die galvanische Zuckung trägen Charakter zeigt. Das können natürlich nur Fälle von partieller EaR sein**). Solche Fälle von partieller EaR mit indirekter Zuckungsträgheit sind besonders bei peripherischen Fasererkrankungen nicht selten zu beobachten.

Anm. Man muß aber mit der Diagnose der „indirekten Zuckungsträgheit" sparsam umgehen: wenn nämlich, wie z. B. beim N. facialis, der Nervenstamm den von ihm versorgten Muskeln sehr benachbart ist, so kann beim Versuche der Nervenreizung (trotz tatsächlicher gänzlicher Unerregbarkeit des Nerven) durch Stromschleifen auf die (im Stad. II) sehr erregbaren Muskeln eine indirekte träge Zuckung vorgetäuscht werden; nur wenn der Nerv von dem Muskel, der bei indirekter Reizung träge zuckt, weit entfernt ist (wie z. B. die Fußmuskeln vom N. peroneus), kann die gesehene Zuckungsträgheit als wirklich indirekte ohne weiteres angesprochen werden; im anderen Falle sind besondere Kontrollversuche nötig. (S. auch unter 3.)

Faradische EaR.

2. sind gelegentlich auch bei faradischer Reizung träge Zuckungen in entarteten Muskeln zu beobachten: der faradische Tetanus beginnt dann nicht, wie in der Norm, mit einem Ruck und endet auch nicht, wie in der Norm, sofort mit der Stromöffnung, sondern — ähnlich wie bei der galvanischen EaR — schleicht die tetanische Zuckung langsam ein, und ebenso langsam wieder erschlafft der kontrahierte Muskel. E. Remak hat das als faradische EaR beschrieben (deren Ähnlichkeit mit der galvanischen auch darin besteht, daß die faradische Erregbarkeit in solchen Fällen gesteigert sein kann). Die Fälle sind selten, kommen aber zweifellos vor.

---

*) So erfolgt zwar, um bei obigem Beispiel zu bleiben, bei einem Ausfall des M. tibialis anterior infolge von Poliomyelitis anterior acuta auf elektrische Reizung des N. peroneus eine Kontraktion der Peroneusmuskulatur; aber erstens springt der Kontur des Tibialis anterior nicht vor, und zweitens wird die Dorsalflexion des Fußes, die normaliter durch Peroneusreizung gerade aufwärts erfolgt, in diesem Falle nach lateral-aufwärts ausgeführt; nur der laterale Fußrand wird gehoben, der mediale nicht, woraus man leicht erkennt, daß der Heber des medialen Fußrandes fehlt; das ist der Tibialis anterior.

**) Entweder der partiellen EaR sensu strictiori oder derjenigen Stadien kompletter EaR, die der partiellen ähnlich sehen, also des Initial- oder Regenerationsstadiums. Auch diese Stadien der kompletten EaR bezeichnet man gelegentlich ungenau mit dem Namen „partielle EaR".

Auch hier muß vor Verwechselungen gewarnt werden: Bei Muskeln nämlich, die willkürlich oder unwillkürlich (durch Kontrakturen z. B.) gespannt werden, wird oft eine träge faradische Zuckung dadurch vorgetäuscht, daß der gespannte Muskel auf den elektrischen Reiz erst allmählich, unter langsamem Nachlassen der Spannung, nachgibt. Diese faradische „Pseudo"-Zuckungsträgheit hat mit der eben erwähnten sog. faradischen Ea R nichts zu tun. Der Anfänger muß sich nur daran halten, daß träge faradische Zuckungen nicht häufig sind.

Besteht außer der galvanomuskulären auch indirekte und faradische Zuckungsträgheit, so spricht man von „obligater Zuckungsträgheit".

Ein pathologisches Reflexphänomen.

3. Man sieht mitunter in entarteten Muskeln — am auffallendsten in der Kinn- und Mundmuskulatur — bei Reizung symmetrischer Muskeln der gesunden Seite Kontraktionen eintreten; oder auch umgekehrt in gesunden Muskeln bei Reizung der entsprechenden der kranken Seite (v. Luzenberger, Bernhardt u. a.). Es handelt sich bei diesem Phänomen mit großer Wahrscheinlichkeit um einen echten pathologischen Reflex (vgl. über Reflexzuckungen S. 32, Fußnote). Für manche Fälle, z. B. die früherworbenen (infantilen) Fazialislähmungen mag ein Herüberziehen von Muskelbündeln der gesunden Seite nach der kranken zur Erklärung herangezogen werden. Die früher (auch von mir) ausgesprochene Annahme, daß der Erscheinung die Wirkung von Stromschleifen in übererregbaren Muskeln zugrunde liege, ist mindestens für die Mehrzahl der Fälle als widerlegt anzusehen.

Ausnahmen vom Gesetz der Ea R.

Zum Schlusse dieses Kapitels soll noch einmal auf etwas rekurriert werden, was schon früher andeutungsweise behandelt worden ist. Es betrifft Ausnahmen vom Gesetze der Ea R. S. 69 wurde erwähnt, daß Ea R in einigen Fällen myopathischer Muskelatrophie gefunden worden ist, also bei einer Erkrankung, deren anatomischer Sitz außerhalb der peripherischen motorischen Neurone, nämlich in den Muskeln angenommen wird. Auch in Fällen von Erkrankung zentraler motorischer Neurone, bei zerebralen Hemiplegien nämlich, wurden in den gelähmten Muskeln einzelne Symptome der Ea R (Umkehr der Zuckungsformel, verlangsamte galvanische Zuckung) hier und da beobachtet (Eisenlohr, Petrina, Steinert, Hudovernig). Es könnte demnach scheinen, als ob das „Gesetz der Ea R" (s. S. 64) nicht ohne Einschränkung gelte. Tatsächlich ist bisher dieser Schluß nicht gezogen worden: jene Fälle von Dystrophie mit Ea R haben vielmehr — umgekehrt — zu der Vermutung geführt, daß die Dystrophien alle oder zum Teil nichtmuskulärer Genese sein, sondern spinalen (Vorderhorn-)Erkrankungen ihren Ursprung verdanken mögen; und für jene Hemiplegien, die mit Zeichen von Ea R auftraten, konnte man hypothetisch ein „sekundäres Miterkranken der Vorderhörner" (Wernicke u. a.) annehmen und die Entartungserscheinungen auf dessen Rechnung setzen (s. übrigens auch S. 73, Fußnote). — Ob diese Erklärungen richtig sind, ob nicht vielleicht in der durch die hemiplegischen Zirkulationsstörungen erzeugten Abkühlung der distalen Gliedabschnitte (vgl. S. 27) die Ursache für die gefundenen elektrischen Anomalien zu suchen ist (Grund) oder ob ins-

besondere nicht wenigstens für einen Teil der erwähnten Hemiplegiefälle aus diesen höchst interessanten Beobachtungen später andere Schlüsse zu ziehen sein werden, läßt sich zurzeit nicht erörtern. Soviel steht jedoch fest — und besonders der Anfänger sollte trotz der erwähnten Fälle daran festhalten —, daß es eben nur Ausnahmen, und zwar seltene Ausnahmen sind, und daß für die überwiegende Mehrzahl der Fälle die Ea R nach wie vor ein sicheres lokal-diagnostisches Zeichen im angeführten Sinne bildet.

---

2. Andere quantitativ-qualitative Veränderungen.

In manchen Fällen von Muskelatrophie, unabhängig davon, ob es degenerative oder einfache Atrophien sind, kommen gewisse Veränderungen der elektrischen Erregbarkeit vor, die sich teils aus quantitativen, teils aus qualitativen Momenten zusammensetzen, und die — obwohl sie praktisch nicht sehr wichtig sind — hier eine kurze Besprechung finden sollen. Diese Veränderungen, die einen lokaldiagnostischen Schluß — wie besonders hervorgehoben zu werden verdient — nicht zulassen, sondern nur für Vorhandensein von Muskelschwäche überhaupt sprechen, sind:

Die herabgesetzte Maximalkontraktion.

1. Die Herabsetzung der Maximalkontraktion und die bündelweise Zuckung. Während wir bisher immer zur Feststellung der Erregbarkeit eines Muskels seine Minimalkontraktion benutzt und die Stromstärke, bei der diese eintritt, mit derjenigen verglichen haben, bei der symmetrische Muskeln der anderen Körperhälfte oder die gleichen Muskeln gesunder Personen zucken, ist es doch bei atrophieverdächtigen Muskeln gelegentlich auch von Interesse zu beobachten, wie sich die Zuckung verhält, wenn man den Strom, von minimalen Stärkegraden anfangend, immer kräftiger werden läßt. Man sieht dann im normalen Muskel, daß die faradische Zuckung — der faradische Tetanus — immer intensiver wird bis zu einer gewissen oberen Grenze, über die hinaus eine Verstärkung der Kontraktion nicht eintritt; und daß die galvanische Zuckung (Ka SZ) allmählich in den Tetanus übergeht, der seinerseits wiederum immer kräftiger wird bis zu einer oberen Grenze. Dasselbe sieht man auch in der Regel an atrophischen und an degenerierenden Muskeln — mutatis mutandis. — Es gibt aber Fälle, in denen selbst bei stärksten Strömen der Muskel gewissermaßen nicht über die minimale Kontraktion hinauskommt: er zuckt bei starken Strömen nicht anders und nicht kräftiger als bei schwachen. Das ist ein Zeichen von Schwäche des Muskels. Es kann praktisch von Interesse sein, wenn der Verdacht auf simulierte Muskelschwäche (bei der gutachtlichen Tätigkeit des Arztes) vorliegt, oder wenn es sich in Fällen progressiver Atrophie in funktionell noch intakten Muskeln findet. —

Bündelweise Zuckung.

Mit dieser Reaktionsanomalie quantitativer Natur ist oft eine qualitative vereint, die bündelweise Zuckung: der betreffende

Muskel kontrahiert sich bei der Reizung nicht in toto, auch nicht zu einem beträchtlichen Teil, wie das normaliter geschieht; sondern es ziehen sich nur wenige Bündel zusammen, die dann als schmale, wenig prominente Leiste sichtbar werden. Die bündelweise Kontraktion muß nicht mit der Herabsetzung der Maximalzuckung verbunden sein. Beide Abnormitäten kommen getrennt vor; und beide Abnormitäten — einzeln oder gemeinsam — können sich außerdem mit einer der Formen der Ea R verbinden. Aus den beiden genannten Störungen *an sich* läßt sich auf die Art der vorliegenden Atrophie kein Schluß ziehen.

Myokymie.

Ganz ähnlich ist das bei verschiedenen funktionellen und organischen Nervenkrankheiten mitunter zu findende Muskelwogen (*Myokymie*): es besteht aus einer gleichsam über einen Muskel oder eine Muskelgruppe allmählich ohne strengen Rhythmus fortkriechenden oder auch mehrere Muskelpartien gleichzeitig betreffenden bündelweisen Kontraktion. *Rumpfs* Annahme, daß es sich hier um ein objektives Zeichen traumatischer Neurosen handelt („*traumatische Reaktion*“) ist unzutreffend.

Myoklonische Kontraktionen.

2. *Die myoklonischen Kontraktionen*; von ihnen gilt dasselbe wie von den genannten Abweichungen: auch sie beweisen nichts als Vorhandensein von Schwäche resp. Atrophie, sie haben keine lokaldiagnostische Bedeutung und kommen mit anderen Anomalien (besonders oft mit der bündelweisen Zuckung) vereint vor. Sie bestehen darin, daß der faradische Strom keinen Tetanus, sondern nur mehrere einzelne, gewissermaßen klonische Zuckungen der Muskelsubstanz hervorruft, die während der Dauer des Stromschlusses mehr oder weniger rasch aufeinander folgen*).

Wenn eine von diesen Veränderungen gefunden wird, ist es zweckmäßig, in der Protokolltabelle eine entsprechende Bemerkung darüber einzufügen, also z. B.:

	Rechts		Links	
	farad.	galvan.	farad.	galvan.
M. deltoideus vord. Portion.	100 mm RA (herabgesetzte Maximalkontraktion, bündelweise und myoklonisch)		100 mm RA (normal).	

c) Die rein qualitativen Veränderungen.

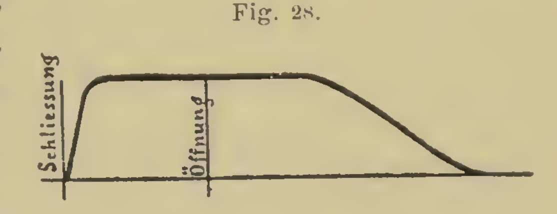
Die rein qualitativen Veränderungen der Reaktion der Muskeln und motorischen Nerven sind selten und können in Kürze besprochen werden. Bisher sind bekannt:

*) Nicht damit zu verwechseln ist das fibrilläre Muskelzucken, das nach längerdauernder faradischer Reizung auch normaler Muskeln in diesen noch einige Zeit nach Stromöffnung zu sehen ist.

Myotonische Reaktion.

1. Die myotonische Reaktion, My R. Bei der Myotonia congenita (Thomsenschen Krankheit), deren Hauptsymptom bekanntlich darin besteht, daß bei willkürlichen Muskelkontraktionen die Kontraktion den Willensreiz überdauert — die Muskelzuckung länger als beabsichtigt anhält —, findet man, daß auch sowohl bei mechanischer als bei elektrischer Reizung eine entsprechende Nachdauer der Kontraktion stattfindet: Wenn man einen myotonischen Muskel beklopft, so tritt der durch das Klopfen gereizte Muskelwulst in toto hervor und bleibt noch eine geraume Zeit (10—30 Sekunden) vorspringend sichtbar. Dasselbe erfolgt bei faradischer Reizung: noch längere Zeit, nachdem der Strom geöffnet und die Elektrode entfernt ist, sieht man den kontrahierten Muskel prall vorspringen und sich von der Umgebung abzeichnen. Erst ganz allmählich gleicht sich die Kontraktion aus. Das ist von der „trägen Zuckung" der Ea R wohl zu unterscheiden: die myotonische Zuckung beginnt mit einem Ruck, die träge Zuckung schleicht ganz allmählich ein; die myotonische Zuckung tritt sowohl auf faradische als auf stärkere galvanische Schließungsreize (auf faradische meist deutlicher) ein, die träge Zuckung fast immer lediglich bei galvanischer (nur in Ausnahmefällen bei faradischer) Reizung; auch dauert die träge Zuckung bei weitem nicht so lange, wie die myotonische in ausgesprochenen Fällen. Wer sie einmal gesehen hat, erkennt sie sofort wieder und verwechselt sie nicht.

Fig. 28.



Diese für die Myotonie beinahe pathognostische*) Veränderung sieht man besonders bei direkter Muskelreizung, weniger deutlich bei Nervenreizung. Die quantitativen Verhältnisse sind dabei meistens ganz normal: nur ab und zu ist die direkte galvanische Erregbarkeit etwas erhöht oder die indirekte Erregbarkeit herabgesetzt (auch Überwiegen der An SZ kommt vor). Bei wiederholt kurz hintereinander folgenden Reizungen wird die myotonische Reaktion allmählich schwächer und verschwindet schließlich ganz, um nach kurzer Pause wieder sichtbar zu werden.

Erbsche Wellen.

Bei derselben Krankheit findet man gelegentlich eine weitere qualitative Abnormität, die Erbschen Wellen: wenn man einen galvanischen Strom größerer Stärke durch den myotonischen Muskel leitet und die Elektroden bei geschlossenem Strom sitzen läßt, oder wenn man stark und anhaltend faradisch reizt, sieht man mitunter wellenförmige Bewegungen in dem erkrankten Muskel, die von der Kathode ausgehen und über den Muskelbauch nach der Anode fortschreiten. —

Eine Art Gegenstück zur myotonischen Reaktion ist

Myasthenische Reaktion.

2. die myasthenische Reaktion, Mya R (Jolly)**), andeutungsweise bei den verschiedensten organischen und funktionellen Nerven-

*) Auch in Fällen sog. Myotonia acquisita kommt sie vor, aber auch sicherlich bei einzelnen anderen Krankheiten (Syringomyelie, Myelitis usw.).

**) Sie wurde zum ersten Male noch vor Jolly von Wernicke gefunden, und zwar in einem später von mir beobachteten und ausführlich beschriebenen Falle.

leiden — zerebralen Herdkrankheiten, zerebralen und myogenen Atrophien — vorkommend, aber in charakteristischer Ausprägung fast pathognostisch für die Myasthenia gravis pseudoparalytica (oder asthenische Paralyse). Das Hauptsymptom dieser Erkrankung ist das der Ermüdbarkeit: eine mehrmals wiederholte willkürliche Bewegung gelingt nach jeder Wiederholung schlechter und wird schließlich unausführbar. — Eine solche Ermüdung ist auch für den elektrischen Reiz nachweisbar: reizt man einen myasthenischen Muskel, nachdem er geruht hat, mit dem faradischen Strom, so tritt bei der ersten Reizung ein normaler Tetanus ein, bei jeder folgenden Reizung wird der Tetanus kürzer und weniger intensiv, und schließlich — nach mehreren hintereinander folgenden Erregungen — wird der Muskel unerregbar. Nach kurzer Ruhepause beginnt das Spiel von neuem. Auch bei galvanischer Reizung ist das gleiche wiederholt nachgewiesen worden. Diese Reaktion findet sich nicht in allen Fällen von Myasthenie und kann im Verlaufe eines und desselben Falles abwechselnd fehlen und vorhanden sein. Von der myotonischen Reaktion gilt ähnliches.

Ehe das Krankheitsbild der Myasthenie bekannt wurde, beschrieben Benedikt, Erb, de Grazia, E. Remak u. a. elektrische Reaktionsanomalien, die die wesentlichen Merkmale der myasthenischen Reaktion zeigen (bei Hemiplegien, Hirntumoren, Atrophien und Dystrophien, Paralysis agitans usw.). — Sie nannten sie „Erschöpfungsreaktion“ bzw. „Lückenreaktion“. Die letztere wird in der Weise beschrieben, daß galvanische Zuckungen bei mehrmaliger Reizung schließlich ausbleiben und erst bei erhöhter Stromstärke wieder erscheinen.

Neurotonische Reaktion.

3. Die neurotonische Reaktion. E. Remak und Marina haben je in einem Falle (Remak bei einer degenerativen, wahrscheinlich spinalen progressiven Atrophie, Marina bei einer Hysterie) eine Veränderung der elektrischen Erregbarkeit gesehen, die sich dadurch auszeichnete, daß 1. Nachdauer der Kontraktion bestand, analog der bei der Myotonie beschriebenen, aber mit dem Unterschiede, daß das Phänomen nicht bei Muskelreizung, sondern nur bei (faradischer und galvanischer) Nervenreizung zu beobachten war; und daß 2. die An OZ sowie der Ka STe sehr früh auftraten und auch An OTe unschwer zu erzielen war. — Welche Bedeutung dieser Reaktion zukommt, ist zurzeit noch nicht zu sagen. —

Antagonistische Reaktion.

4. Die antagonistische Reaktion. Capriati hat in zwei Fällen von Polyneuritis ein eigentümliches Verhalten der betroffenen Muskulatur gegen gehäufte galvanische, in regelmäßigen Zeitintervallen — alle 2 Sekunden — ausgeführte Reizungen feststellen können: es trat nämlich während einer solchen Serie von Reizungen eine allmähliche, gleichmäßig anschwellende Erregbarkeitssteigerung ein, wenn die Reizelektrode die Kathode war, dagegen eine ebenso gleichmäßige Erregbarkeitsverminderung, wenn sie die Anode war. — Die Beobachtung ist bisher vereinzelt.

Vor längerer Zeit hat Benedikt bei Chorea, Tetanie, Hirntumor usw. unter dem Namen „konvulsible Reaktion“ eine während der Einwirkung mäßiger Stromstärken allmählich wachsende Steigerung der Erregbarkeit nebst Vergrößerung und Irradiierung der Kontraktion beschrieben. Vielleicht

handelte es sich in diesen — übrigens ebenfalls vereinzelt gebliebenen — Fällen nur um die natürliche Folge des auch normalerweise unter der Stromeinwirkung eintretenden Sinkens des Leitungswiderstandes (vgl. S. 7 und das 6. Kapitel).

---

5. Kapitel.

Die elektrische Untersuchung der Sinnesorgane und die elektrische Sensibilität.

Analog dem oben (S. 20ff.) für den motorischen Apparat — die motorischen Nerven und die Muskeln — entwickelten Zuckungsgesetz — welches im wesentlichen besagt, daß dieser motorische Apparat auf die Ka S am leichtesten, auf die An O und An S etwas schwerer und am schwersten auf die Ka O reagiert — wurde der Nachweis geführt, daß auch der sensorische Apparat, nämlich die höheren Sinnesorgane — Auge und Ohr — in gesetzmäßiger Weise auf die einzelnen Reizmomente antworten. — Die Reaktion dieser Organe tritt ein, wenn man wie bei der Muskelreizung eine indifferente Elektrode irgendwohin (etwa auf das Sternum), eine Reizelektrode von kleinerem Querschnitt auf das Auge oder Ohr (am letzteren immer einseitig) direkt aufsetzt, diese Reizelektrode mittels des Stromwenders bald zur An, bald zur Ka macht und bei verschiedenen Stromstärken des galvanischen Stroms Schließungen und Öffnungen ausführt, und zwar am Ohr nicht mittels eines an der Reizelektrode befindlichen Unterbrechers — zur Vermeidung störender, knackender Geräusche —, sondern in anderer Weise, z. B. mittels des Stromwenders (vgl. S. 24) oder dgl. — Die Reaktion äußert sich beim Auge in einem (gewöhnlich farbigen) Lichtbild, beim Ohr in einem Klang. Man kann also, wie man für den Muskelapparat ein Zuckungsgesetz aufgestellt hat, für das Auge ein Lichtbildgesetz, für das Ohr ein Klanggesetz beobachten.

Die Optikusformel.

Das Lichtbild (Phosphen) tritt zuerst bei An S, dann bei Ka S und Ka O, schließlich bei An O*) auf, meistens schon bei $^1/_{20}$ bis $^1/_{10}$ MA. Darier empfiehlt dabei, nicht den kleinsten, zur Erzeugung eines Bildes grade ausreichenden („primären“) Reiz als solchen, sondern diejenige Minimalempfindung zu messen, die bei allmählicher Abschwächung dieses zuerst wirksamen Minimalreizes restiert: „sekundäre Reaktion des N. opticus“. Er fand bei Optikusatrophie Herabsetzung der Erregbarkeit, Velhagen auch bei Glaukom, Chorioretinitis und Retinitis pigmentosa, Rosenthal, Eulenburg u. a. bei einseitiger zentraler und hysterischer Anästhesie. Bei Hemianopsie wurden entsprechende Defekte nachgewiesen. Schließlich hat Bumke auch einen pupillaren Lichtreflex mittels des galvanischen Stroms erzeugt und die dazu erforderlichen Stromstärken und anderen Reizmomente bei Normalen und in Erschöpfungszuständen studiert. Im

*) Diese Differenz in der Wirkung der Pole gegenüber deren Verhalten beim motorischen Apparat ist nur eine scheinbare und wird durch das Auftreten sog. „virtueller Pole“ (s. S. 77) bedingt.

ganzen ist aber die praktische Bedeutung der elektrischen Untersuchung des Auges bisher recht gering geblieben. Die anfangs daran geknüpften Erwartungen sind noch nicht in Erfüllung gegangen.

Die Reaktion des N. acusticus (N. cochlearis).

Am Ohr tritt die Reaktion in Form von Klingen, Sausen, Zischen, Pfeifen zuerst als Ka S Kl (Klang), der bei Verstärkung in Ka D Kl übergeht, und später als An O Kl auf (normale Akustikusformel). In der Norm sind dazu gewöhnlich Ströme von 15—20 MA, mitunter auch mehr oder weniger, erforderlich. Da diese Ströme indessen von den meisten Menschen nicht vertragen werden, ist die Formel bei Normalen meist nicht nachweisbar. Tritt die Reaktion bei Strömen unter 5—6 (nach Wittmack unter 8—10) MA ein, so spricht man von Hyperästhesie des Akustikus. Sie begleitet überwiegend die Erkrankungen des inneren Ohres: Otitis interna, Labyrinth- und Akustikusverletzungen, nervöse Schwerhörigkeit usw. Bei Morbus Menière ist sie anscheinend die Regel, aber auch bei Gehörshalluzinationen, Hirntumoren und Tetanie ist sie nachgewiesen worden. In besonders hochgradigen Fällen dieser Hyperästhesie wird mitunter (durch Bildung virtueller Pole, s. S. 77, Fußnote und S. 93) der Klang auf dem nichtuntersuchten Ohre früher wahrgenommen als auf dem untersuchten, und zwar mit umgekehrtem Vorzeichen, also An S Kl und Ka O Kl: paradoxe Reaktion.

Geringere Grade von Überempfindlichkeit zeigen sich bei Mittelohrerkrankungen, chronischem Mittelohrkatarrh, Tuberkulose und Otosklerose. Man erkennt diese Fälle daran, daß nur Ka S Kl, ev. auch noch Ka D Kl, aber kein An O Kl auftritt (rudimentäre Akustikusformel). Einseitiges Fehlen der Reaktion wurde bei Hysterie, Verlust der Reaktion bei tabischer oder nach Otitis interna eingetretener völliger Akustikusdegeneration beobachtet.

Während somit der praktisch-diagnostische Wert der elektrischen Untersuchung für den kochlearen Teil des N. acusticus immer noch ein recht beschränkter und problematischer ist, liegen aus den letzten Jahren bezüglich des vestibularen Teils des Gehörnerven Forschungsresultate vor, denen eine praktische Bedeutung nicht abgesprochen werden kann.

Die schon früher (S. 34) erwähnten und später bei der Therapie noch zu erörternden Erscheinungen, die bei Applikation galvanischer Stromschwankungen am Kopfe auftreten (Schwindelgefühl, Taumeln Übelkeit, Kollaps) gehen im wesentlichen auf Reizung des N. vestibularis zurück (Hitzig). Setzt man zwei durchtränkte Elektrodenplatten von ca. 15 qcm auf beide Schläfen vor die Ohrmuscheln oder auf beide Warzenfortsätze, indem man sie unter Verzicht auf die üblichen Elektrodenhandgriffe mittels eines um Kinn und Scheitel gelegten Bandes befestigt, so bemerkt man an jedem normalen mit Fuß- und Augenschluß stehenden Menschen (Mann) beim Schließen eines galvanischen Stroms von 1—15, meistens aber schon unter 5 MA. eine rasche Neigung erst des Kopfes, dann des ganzen Körpers, und zwar ausschließlich oder doch vorwiegend nach der Seite der Anode: Vesti-

bularreaktion, VR. Subjektiv entspricht dem Phänomen Schwindelgefühl, das auch der eigentlichen Reaktion schon bei schwächeren Strömen vorangeht. Bei empfindlichen Personen führt der Versuch zu kollapsähnlichen Zuständen, die jedoch stets vorübergehend sind. Bei einseitiger Untersuchung findet sich in analoger Weise Neigung nach der An-Seite resp. von der Ka fort.

Die Vestibularreaktion.

Steigerung der VR, d. h. Auftreten bei Strömen unter 1—2 MA ist nach Friedmann und Mann eins der häufigsten und darum ein wichtiges objektives Zeichen der Folgezustände nach Commotio cerebri, kommt allerdings auch bei Neuropathen, besonders bei neuropathischen Kindern vor.

Fehlen der VR bei Strömen von mehr als 20 MA wurde bei Zerstörung des Vestibular- und Bogengangapparats gefunden, besonders und hier fast regelmäßig bei erworbener Taubstummheit — im Gegensatz zur angeborenen, bei der die VR meist erhalten ist (Alexander und Kreidl, Myggind, Hammerschlag); ferner bei doppelseitiger Labyrinthsklerose, Otitis interna, Tumor cerebri, Hydrozephalus usw.

Gleichzeitig mit dem Auftreten der VR nach der Anodenseite entsteht bei Normalen Nystagmus nach der Kathodenseite (bei einseitiger Versuchsanordnung). Diesen fand Mackenzie bei einseitigen Labyrintherkrankungen auf der kranken Seite für die Kathode, auf der gesunden bei gleicher Stromstärke für die An gesteigert.

Alle diese Befunde können differentialdiagnostisch gegenüber Mittelohrerkrankungen, Läsionen des kochlearen Nervenabschnitts (Tabes) und Hysterie verwendet werden.

Schließlich sei erwähnt, daß in manchen Fällen von Erkrankungen des inneren Ohrs, und zwar vorwiegend des vestibularen Labyrinthanteils, am häufigsten vielleicht nach Schädelverletzungen, Gehirnerschütterungen u. a. Traumen (Wimmer, Peyser, Mann), aber auch bei Otitis interna, Menière usw. qualitative Veränderungen der VR beobachtet worden sind: das Straucheln tritt dann nicht nach der Anodenseite, sondern nach der kranken Seite ein — gleichgültig, ob daselbst die An oder die Ka sitzt (Babinskis Reaktion); oder der Patient strauchelt zwar nach der Anodenseite, aber mehr, wenn sie am kranken Ohr steht (Manns „Übergangsreaktion“); oder schließlich er strauchelt überhaupt nicht seitwärts, sondern rückwärts (vereinzelter Befund bei Commotio cerebri).

Auf die recht geringfügigen und im übrigen für den Praktiker bedeutungslosen Befunde der Elektrodiagnostik des Geruchs und Geschmacks soll hier nicht eingegangen werden.

Etwas anders verhält es sich mit der elektrischen Untersuchung der Hautsensibilität. Diese Untersuchung unterscheidet sich gänzlich von den vorhererwähnten: sie prüft nämlich nicht die Reaktion der Haut auf den galvanischen, sondern die auf den Induktionsstrom, und es ist keine qualitative Untersuchung wie beim Auge und Ohr (wobei etwa die Reizwirkung der verschiedenen Stromschwankungen

Die faradokutane Sensibilität.

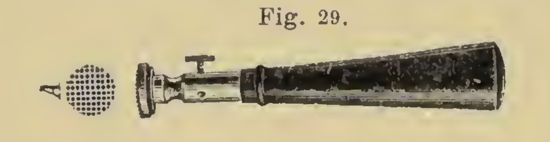
in Betracht zu ziehen wäre)*); es handelt sich hier vielmehr in erster Reihe um ein quantitatives Moment, nämlich um die Tatsache, daß bei Applikation des faradischen Stroms auf die Haut bei einer gewissen geringen Stromstärke normalerweise eine Sensation, ähnlich dem bekannten Gefühl des „Ameisenlaufens“ oder „Kriebelns“, auftritt, welches sich bei allmählicher Verstärkung des Stroms bis zur Schmerzhaftigkeit steigert. Es kann demnach, ähnlich wie am Muskel eine Minimalkontraktion, an der Haut eine Minimalempfindung für den faradischen Strom festgestellt werden. Diese Empfindung erleidet unter pathologischen Bedingungen Veränderungen (Herabsetzung, Erhöhung oder Erlöschen).

Die Empfindlichkeit der Haut für den faradischen Strom — die farado-kutane Sensibilität — ist eine Sensibilitätsqualität eigener Art. Inwieweit sie mit einer der übrigen Qualitäten identisch ist, muß zurzeit ebenso dahingestellt bleiben wie die Frage, in welchen Bahnen sie geleitet wird. Jedenfalls darf sie nicht etwa mit der durch den faradischen Strom erzeugten Schmerzempfindung identifiziert werden: nur von einer gewissen Stärke an werden elektrische Reize, ebenso wie alle übrigen, als schmerzhaft empfunden. (S. übrigens weiter unten.)

Man prüft die farado-kutane Hautsensibilität in folgender Weise: der Patient sitzt so, daß er dem Apparat den Rücken zukehrt. Eine große, indifferente, gut durchfeuchtete Plattenelektrode wird irgendwo in der Mittellinie des Körpers festgehalten; auf die Körperstelle, deren elektro-kutane Sensibilität geprüft werden soll, wird eine unüberzogene Elektrode von kleinem Querschnitt aufgesetzt.

Man bedient sich dazu darum einer unüberzogenen, unbefeuchteten Metallelektrode, weil an einer solchen der Hautwiderstand nicht überwunden wird, also keine oder doch nur wenige Stromschleifen in die tiefer liegenden Gewebe eindringen und demgemäß die Oberfläche der Haut, die ja eben untersucht werden soll, von einem sehr dichten, nämlich fast von dem gesamten Strom getroffen wird. Es sind besondere Elektroden für den Zweck der Sensibilitätsuntersuchung konstruiert; die bekannteste ist Erbs „Sensibilitätselektrode“ (Fig. 29), deren Metallfläche den Querschnitt eines Bündels von mehreren hundert dünnen Drähten darstellt; man kann sich aber im Notfalle auch einer gewöhnlichen Platten-, Bürsten- oder Pinselelektrode bedienen.

Fig. 29.



Indem man die Elektrode auf der zu prüfenden Stelle unverschoben sitzen läßt und den faradischen Strom einleitet, schiebt man die sekundäre Rolle des Induktionsapparates, beim größtmöglichen Rollenabstande (also beim schwächsten Strome) beginnend, ganz langsam über die primäre vor und gibt dem Patienten auf, in dem Moment, in

*) Bernhardt, Mendelssohn u. a. haben übrigens auch Versuche mit galvanischer Prüfung angestellt. Der letztere fand bei Tabes auch qualitative Veränderungen, nämlich Abweichungen von einem normalerweise vorhandenen „Empfindungsgesetz“ (KSE > AnSE), und zwar im Sinne der Umkehr dieser Formel mit gleichzeitiger Veränderung der Empfindungsqualität. Diese Untersuchungen sind bisher ohne praktische Konsequenzen geblieben.

welchem er das erste leise Kriebeln an der untersuchten Stelle fühlt, „jetzt!“ zu sagen. Man muß den Patienten darauf aufmerksam machen, daß es nicht darauf ankommt, ob er einen Schmerz vom Strom empfindet, sondern ob er überhaupt eine leise Empfindung hat. Das wird oft übersehen, und dadurch entstehen falsche Resultate.

Den Rollenabstand, bei dem die Minimalempfindung eintritt, notiert man und die untersuchte Körperstelle markiert man, z. B. mit einem Farbstift. Sodann wiederholt man — ev. nach einer gewissen Pause — die Untersuchung in derselben Weise noch ein oder mehrere Male und vergleicht die einzelnen Resultate. Darauf verfährt man in gleicher Weise mit der korrespondierenden Stelle der andern Körperseite. Die Ergebnisse auf beiden Seiten stimmen bei normalem Verhalten meistens ganz genau, wenigstens aber bis auf wenige Millimeter RA, überein.

In pathologischen Fällen einseitiger Gefühlsanomalien hat man an der Differenz der Rollenabstände zwischen den symmetrischen Stellen beider Seiten ein zählbares Maß für eine vorliegende Sensibilitätsstörung. In solchen Fällen hat die elektro-kutane Untersuchung erstens den Vorteil der Exaktheit bei der Statusaufnahme; zweitens den größeren Vorteil, im Verlaufe eines Krankheitsprozesses die Veränderungen einer vorhandenen Gefühlsabnormität zum Guten oder zum Schlechten mittels eines empfindlichen Reagens verfolgen zu können. Für doppelseitige Erkrankungen ist die Methode freilich vorwiegend im zweitgenannten Sinne zu verwerten. Man hat allerdings ebenso wie für den motorischen Apparat (s. S. 30/31 die Stintzingschen Tabellen) auch für den sensiblen diejenigen durchschnittlichen Normalwerte in Millimetern RA berechnet und tabellarisch zusammengestellt, bei welchen an den verschiedenen Körperregionen — Wange, Stirn, Nacken, Fußrücken usw. — die minimale Kriebelempfindung (Empfindungsschwelle) und die minimale Schmerzempfindung (Schmerzschwelle) auftreten (Leyden, Bernhardt). Man darf aber nicht vergessen, daß der Induktionsapparat nicht, wie der galvanische, konstant vergleichbare Zahlen in einem absoluten Maße bietet, und daß die Zahlen deshalb nur relative Bedeutung haben und auf Allgemeingültigkeit keinen Anspruch machen können, wenn auch die einzelnen Körperregionen untereinander ein gewisses konstantes Empfindlichkeitsverhältnis nicht vermissen lassen und deshalb gröbere Abweichungen sich ohne weiteres zu erkennen geben (vgl. die Erbsche Methode für das motorische System S. 29, Fußnote).

Praktische Brauchbarkeit wird vielleicht auch für diese Untersuchungen die Kondensatormethode (s. unten Kapitel 12) erlangen, mittels deren es Kramer und Zanietowski gelungen ist, Normalwerte zu finden, die — ebenso wie diejenigen für den motorischen Apparat — neben dem Vorteil der Meßbarkeit in absoluten Maßeinheiten (Volts) den einer überraschenden Konstanz bieten.

Auch der Vorschlag Löwenthals, neben der minimalen Kriebel- und Schmerzempfindung die Differenz dieser beiden Werte zu bestimmen, also diejenige Stromstärke, die erforderlich ist, um das minimale Kriebeln

zur Schmerzhaftigkeit zu steigern (faradisches Intervall), scheint praktisch beachtenswert und brauchbar. Man berechnet es durch einfache Subtraktion des Schmerzschwellenwertes vom Empfindungs-Schwellenwert. Tritt z. B. die Minimalempfindung bei 105 mm RA ein, die Schmerzempfindung bei 75 mm RA, so beträgt der faradische Intervall 105—75 = 30 mm.

Eine weitere, oft nicht wertlose Verwendung findet die elektrische Sensibilitätsprüfung zu gutachtlichen Zwecken. Wenn Personen, die nach der Krankenkassen-, Unfall- oder Invaliditätsgesetzgebung resp. auf Grund anderer gesetzlicher Verpflichtungen für ein vorhandenes Leiden zu entschädigen sind und der ärztlichen Begutachtung unterstehen, während der Untersuchung (wie das oft geschieht) angeben, daß sie Sensibilitätsstörungen für irgendeine der Gefühlsqualitäten haben*), so wird es für den Gutachter, da die Angaben der interessierten Personen unwahr sein könnten, wünschenswert sein, einen Weg zur objektiven Kontrolle jener Angaben zu haben. Eine Art Kontrolle in diesem Sinne, wenn auch keine sichere, bietet die farado-kutane Prüfung in manchen Fällen dieser Art: ein Simulant oder Aggravant wird auch bei dieser Gefühlsuntersuchung gelegentlich zu täuschen versuchen und die Minimalempfindung erst bei anderer als der tatsächlich notwendigen Stromstärke angeben. Eine mehrmalige Nachprüfung an der gleichen Körperstelle (während der Untersuchte dem Apparat den Rücken zukehrt) enthüllt dann die Täuschung meist prompt, da die einzelnen Angaben untereinander, besonders wenn man Pausen dazwischen schiebt, nicht übereinstimmen. — Freilich ist ein solcher Entlarvungsversuch nur bei positivem Resultate zu verwerten; es gibt Störungen im Gebiete der übrigen Sensibilitätsqualitäten, bei denen die farado-kutane Qualität nicht nachweisbar gelitten hat, so daß jemand sehr wohl tatsächlich Hautgefühlsanomalien haben und doch am faradischen Apparat die normale Minimalempfindung zeigen kann.

Steigerung der elektro-kutanen Sensibilität ist unter anderem bei Tetanie gefunden worden, ferner in frischen Tabesfällen, bei Neuralgien und in den hyperästhetischen Zonen der Hysterischen, Herabsetzung der Empfindlichkeit bei verschiedenen Spinalleiden (Tabes, Halbseitenläsion) und bei Hysterie. Das „faradische Intervall“ (s. oben) fand sich verkleinert bei Neurasthenie (durch Erniedrigung der „Schmerzschwelle“) und bei Hemiplegie (durch Erhöhung der „Empfindungsschwelle“). Bei Tabikern fand man gelegentlich völlige elektrische Analgesie neben normaler oder wenig veränderter Minimalempfindung. Auch zur Diagnostik der Zahnpulpa-Erkrankungen ist in letzter Zeit (Schröder, An der Lahn) die elektrische Sensibilitätsuntersuchung verwendet worden: Vergleich mit einem gesunden möglichst gleichgearteten Kontrollzahn ergab bei Irritation oder einfacher Ent-

*) Besonders oft werden solche Störungen von Leuten vorgegeben, bei denen es sich um die Frage des Vorhandenseins einer funktionellen Nervenkrankheit handelt: die hysterische „halbseitige Hypästhesie“ ist in den Kreisen der Winkelkonsulenten und der von ihnen Beratenen wohlbekannt.

zündung der Pulpa Erniedrigung der Schmerzschwelle, bei eitrigem Zerfall Erhöhung derselben.

Die elektro-muskuläre Sensibilität.

Schließlich sei erwähnt, daß es außer der elektro-kutanen Sensibilität auch eine elektro-muskuläre gibt, die bei hohen Stromstärken sich als schmerzhaftes Kontraktionsgefühl in den Muskeln bemerkbar macht. Inwieweit dieselbe überhaupt mit dem Gefühl elektrisch erzielter Muskelkontraktion identisch ist, soll hier nicht erörtert werden. Es ist möglich, daß zwischen diesen beiden Empfindungen (wie z. B. neuerdings Gregor und Müller behaupten) keine Identität besteht. Tatsache ist jedoch, daß in pathologischen Fällen, in denen die faradische Muskelerregbarkeit erloschen oder stark herabgesetzt ist, also z. B. bei einer peripherischen oder spinalen Lähmung, trotzdem Sensibilitätsstörungen mit den üblichen Methoden nicht nachweisbar sind, oft viel höhere Stromstärken von den Patienten ohne Schmerzreaktion ertragen werden als in der Norm. Es ist naheliegend, das darauf zurückzuführen, daß der Schmerz bei jeder starken faradischen perkutanen Muskelreizung sich aus zwei Komponenten zusammensetzt, dem elektrokutanen und dem elektro-muskulären Schmerz. Wenn der muskuläre dadurch ausfällt oder sich doch verringert, daß — wie z. B. bei peripherischer Lähmung mit erloschener Erregbarkeit — eine Muskelkontraktion überhaupt nicht stattfindet, so ist es leicht verständlich, daß hier erst stärkere Ströme als in der Norm Schmerzen verursachen können. Ob diese Erklärung zutrifft, ist indessen nach den oben genannten Autoren zweifelhaft.

6. Kapitel.

Der Leitungswiderstand.

Obwohl die Prüfung des Leitungswiderstands (L.W.) und seine Störungen für den Anfänger und Praktiker nur geringe Bedeutung haben, soll doch der Vollständigkeit halber das Hauptsächlichste darüber im folgenden besprochen werden.

Der menschliche Körper bietet dem elektrischen Strom Widerstände; das ist schon oft erwähnt worden. Außer dem Körper treten bei der medizinischen Applikation des Stromes dem Strom noch entgegen: die Widerstände des Elementes selbst, die der metallischen Leitungsteile und ganz besonders — in unsern Apparaten — die Metall- (Neusilber- od. dgl.)-Widerstände des Rheostaten, mehr oder weniger zahlreich je nach dem Stand der Rheostatenkurbel. Je größer der Widerstand ist, den der Strom auf seinem Wege vom Element z. B. zu einem Muskel findet, um so geringer ist ceteris paribus (d. h. bei gleicher Elementenzahl — gleicher elektromotorischer Kraft) die Stärke des Stromes, der auf jenen Muskel einwirken kann. $J = \frac{E}{W}$ oder $W = \frac{E}{J}$ (s. S. 6).

Für manche Fälle ist es interessant, zahlenmäßig festzustellen, wie groß speziell der Körperwiderstand gegen den Strom ist, weil unter gewissen physiologischen und pathologischen Bedingungen Veränderungen dieses Widerstands eintreten. Wir haben, wie schon oben gesagt, für den elektrischen Widerstand ein Einheitsmaß, mittels dessen man ihn in Zahlen ausdrücken kann, nämlich das Ohm (s. S. 6, Fußnote).

Methoden der Widerstandsuntersuchung.

Wie berechnet man nun in einem speziellen Falle den Körperwiderstand? Das geschieht — mittels der sogenannten „Substitutionsmethode" — nach folgender sehr einfachen Erwägung:

Wenn man zwei Elektroden eines galvanischen Apparats befeuchtet direkt mit den Flächen aufeinander legt, dann eine beliebige Anzahl von galvanischen Elementen, also z. B. 20, einschaltet und die Rheostatenkurbel so lange vorschiebt (soviel Metallwiderstände im Hauptkreis ausschaltet), bis das Galvanometer eine beliebige Anzahl von MA, also z. B. 4 MA zeigt, so ergibt sich folgende leichte Berechnung mittels des Ohmschen Gesetzes: $4\,\mathrm{MA} = \frac{20 \text{ Elemente E}}{\mathrm{W}}$. In Worten ausgedrückt: um eine Stromstärke von 4 MA zu erzielen, braucht man bei der erwähnten Anordnung einen bestimmten Bruchteil der elektromotorischen Kraft der eingeschalteten 20 Elemente, nämlich einen so großen, wie die im Stromkreis vorhandenen Widerstände — das sind aber im wesentlichen die Metallwiderstände der ausgeschalteten Rheostatenkontakte — betragen. An den Rheostatenkontakten befinden sich nun Zahlen, nach denen man aus einer jedem größeren Apparat beigegebenen Rheostaten-Widerstandstabelle (s. die folgende Tabelle für einen Metallrheostaten mit 60 Kontakten) ohne weiteres ablesen kann, wieviel Ohm Metallwiderstände noch eingeschaltet sind: wir lesen also am Rheostaten den Stand der Kurbel ab; sie zeigt z. B. auf 6: Die Widerstandstabelle sagt: „6 = 26 000 Ohm". Bei einem Rheostatenwiderstand von 26 000 Ohm geht also durch die gut befeuchteten Elektroden von jenen 20 Elementen aus ein Strom in der Stärke von 4 MA.

Beispiel einer Rheostatentabelle für einen Rheostaten mit 60 Kontakten.

0 = 0	16 = 3420	31 = 1000	46 = 275
2 = 100000	17 = 3100	32 = 940	47 = 250
3 = 75000	18 = 2830	33 = 880	48 = 225
4 = 54000	19 = 2600	34 = 820	49 = 200
5 = 38000	20 = 2380	35 = 760	50 = 180
6 = 26000	21 = 2180	36 = 700	51 = 160
7 = 18000	22 = 2000	37 = 650	52 = 140
8 = 13000	23 = 1850	38 = 600	53 = 120
9 = 10000	24 = 1725	39 = 550	54 = 100
10 = 8000	25 = 1600	40 = 500	55 = 80
11 = 6500	26 = 1490	41 = 450	56 = 60
12 = 5500	27 = 1380	42 = 410	57 = 40
13 = 4850	28 = 1280	43 = 375	58 = 20
14 = 4200	29 = 1180	44 = 340	59 = 10
15 = 3800	30 = 1090	45 = 305	60 = 0

Schaltet man jetzt bei unverändertem Stand des Apparats eine Stelle des menschlichen Körpers in den Stromkreis, indem man z. B. die Elektroden zu beiden Seiten des Vorderarms aufsetzt, so wird man sofort sehen, daß jetzt die Galvanometernadel eine geringere Stromstärke anzeigt, also z. B. $1^1/_2$ MA. — J ist kleiner geworden, trotzdem E gleichgeblieben ist: das kann nur sein, weil sich W vergrößert hat: der Widerstand des Körpers ist hinzugekommen. Nun führt man so lange die Rheostatenkurbel in der Richtung vom Nullpunkt fort — schaltet man so lange die Rheostatenwiderstände aus —, bis die Galvanometernadel wieder die frühere Stelle einnimmt, also 4 MA anzeigt. Jetzt steht die Rheostatenkurbel auf einem anderen Kontakt, z. B. 30; die Tabelle sagt bei 30: „1090 Ohm" noch vorhandene Widerstände. Um also trotz der Körperwiderstände eine gleiche Stromstärke erzielen zu können, wie vorher ohne dieselben, mußten noch 26000—1090 Ohm = 24910 Ohm Widerstände aus dem Stromkreise ausgeschaltet werden. Der Körperwiderstand beträgt also in diesem Falle 24910 Ohm.

An einem Apparat, der außer dem üblichen Galvanometer (Milliampèremeter) noch ein Voltmeter hat (s. oben S. 57, Fußnote), kann man übrigens den Wert des LW ohne weiteres nach dem Ohmschen Gesetze ($J = \frac{E}{W}$, also $W = \frac{E}{J}$) in der Weise berechnen, daß man die am Voltmeter abgelesene Zahl durch die am Galvanometer abgelesene dividiert.

Andere, kompliziertere Methoden der LW-Bestimmung sind von Wertheim-Salomonson, Frankenhäuser a. a. empfohlen worden. Es kann darauf hier nicht näher eingegangen werden. — Von den Meßverfahren, die meistens zu physiologischen, aber hier und da auch zu klinischen Zwecken Verwendung finden, sei hier nur noch die Wheatstonesche Brücke erwähnt. Ihr Prinzip ist folgendes: Wenn ein elektrischer Strom durch einen verzweigten Stromkreis geht, so sind nach einem bekannten Gesetz die Stromstärken in jedem der beiden Zweige um so größer, je weniger Widerstände der betreffende Zweig enthält, und umgekehrt. Verbindet man jetzt solche parallelen Stromzweige mit differenten Stromstärken durch einen Draht (Brücke), so kann man dadurch beide Stromzweige völlig stromlos machen. Das tritt in dem Moment ein, in dem die Widerstände zweier zu beiden Seiten der Brücke gelegenen Stromabschnitte den zwei an der entgegengesetzten Brückenseite befindlichen arithmetisch proportional sind. — Der nach diesem Prinzip konstruierte Apparat besteht aus einem Kasten, der drei Reihen von Widerständen enthält, die abstufbar und nach absolutem Maße (Ohm, s. S. 6 und 100) meßbar sind. Sie bilden drei von vier Stromabschnitten, von denen jedem der beiden erwähnten Stromzweige zwei angehören; der vierte Abschnitt wird vom menschlichen Körper gebildet, der in der üblichen Weise (mittels Elektroden und Leitungsschnüren) in einen der Stromzweige eingeschaltet ist. Ein Polklemmenpaar führt zum Körper, eins zur Batterie oder einer andern Stromquelle, ein drittes zum Galvanometer, welches anzeigen soll, wann der neutrale, dem Gleichgewicht zwischen den vier Widerständen entsprechende Punkt erreicht ist. — Sobald der menschliche Körper eingeschaltet ist, weicht die Galvanometernadel zunächst nach rechts oder links vom Nullpunkt ab. Jetzt schaltet man so lange metallische Widerstände ein oder aus, bis die Nadel auf 0 zeigt. Aus den leicht (in Ohms) ablesbaren Zahlen für die drei Teilwiderstände kann man den Körperwiderstand ohne weiteres berechnen. In der Regel sind die gebräuchlichen

Apparate zur Erleichterung der Berechnung so konstruiert, daß zwei von den Posten immer das Verhältnis 1 : 10 oder 1 : 100 haben; man braucht dann die gefundene Zahl nur mit 10 resp. 100 zu multiplizieren, um sofort den Wert für den gesuchten Widerstand zu haben.

Es war bereits gesagt worden, daß von allen Körpergeweben und Organen die Haut einen so großen Widerstand für den Strom bietet, daß alle übrigen Körperwiderstände (und auch die Widerstände der gut leitenden Apparatteile) praktisch dagegen gar nicht in Betracht kommen. Das geht so weit, daß z. B. auch die größere oder geringere Entfernung, in der die beiden Elektroden auf der Körperoberfläche voneinander abstehend appliziert sind, praktisch keine Rolle spielt gegenüber dem Hautwiderstand gerade unter den Elektroden selbst (s. S. 7 Fußnote). Kommt es also darauf an, den Widerstand eines bestimmten Körperbezirks festzustellen, so hat man nur den Widerstand der Haut dieses Bezirks zu berechnen, und um diesen lokalen Widerstand am bequemsten untersuchen zu können, setzt man die Elektroden beide auf diesen Bezirk: man faßt den Bezirk gewissermaßen zwischen die beiden Elektroden*).

Oben (S. 7) ist schon bemerkt worden — und das ist diagnostisch und therapeutisch von Bedeutung —, daß der Hautwiderstand während der Dauer der Durchströmung mittels des galvanischen Stromes sich verändert: er sinkt unter der Stromeinwirkung derart, daß durch dieses Kleinerwerden von W, wie man an der Galvanometernadel ablesen kann, nach länger dauerndem Stromschluß bei feststehenden Elektroden die Stromstärke J allmählich immer größer wird. Dieses Sinken, das bei ungenügend durchfeuchteten Elektroden besonders augenfällig ist, geht natürlich nicht bis ins Unendliche, sondern es ist nach einer gewissen Zeit derjenige Punkt erreicht, bei dem die Stromstärke unverändert bleibt (relativ konstanter Widerstand**) — im Gegensatz zum Anfangswiderstand).

Wenn man nun in bezug auf physiologische Vorgänge oder pathologische Zustände vergleichbare Resultate haben will, so muß man bei oben angegebener Versuchsanordnung noch drei Dinge beachten:

1. Man notiere immer die konstanten (End-) Widerstände, d. h. man lasse den in beliebiger Krafthöhe gewählten Strom, also in unserm Beispiel den Strom von 20 Elementen, bei unverändertem Apparat erst eine Zeitlang einwirken, ehe man den Widerstand berechnet. Also wenn man, wie wir annahmen, am Anfang so viel Rheostatenwiderstände ausgeschaltet hat, daß die Galvanometernadel 4 MA zeigte, dann warte man einige Minuten: während dieser Zeit kann man sehen, daß allmählich von selbst die Nadel sich weiter bewegt und $4\frac{1}{2}$, 5, 6 MA usw. anzeigt. Man warte so lange, bis man sieht, daß ein

*) Man darf sie nur nicht so dicht nebeneinander setzen, daß sich die Elektrodenflächen berühren, da sonst der Strom direkt von Elektrode zu Elektrode geht, ohne den Körper zu treffen.

**) Den absulut konstanten Widerstand, der praktisch kaum in Betracht kommt, eruiert man durch Einwirkenlassen starker Ströme (5—15 MA).

Weiterbewegen der Nadel nicht mehr stattfindet, die Stromstärke nicht mehr steigt, also der Widerstand nicht mehr sinkt. Das ist gewöhnlich nach einigen Minuten erreicht. Jetzt fasse man wiederum die Rheostatenkurbel, führe sie auf den anfänglichen Stand (4 MA) zurück und berechne nun mittels der Tabelle in der angegebenen Weise den Körperwiderstand.

2. Man berechne aber auch immer den Anfangswiderstand und die Differenz zwischen diesem und dem konstanten.

3. Man beachte schließlich immer die Zeitdauer, welche der Widerstand braucht, um auf den Endpunkt zu sinken. —

Physiologisches vom Leitungswiderstand.

Die beiden letzten Verhältnisse sind nämlich bei verschiedenen Zuständen sehr verschieden. Bei Greisen z. B. ist vielfach der Anfangswiderstand sehr hoch, sinkt aber dann oft rasch und beträchtlich. — Auch verschiedene Körperstellen verhalten sich verschieden in bezug auf LW. Am besten ist es, während der ganzen Dauer einer Widerstandsuntersuchung mit der Uhr in der Hand die Galvanometernadel zu beobachten und jede halbe Minute den Stand derselben zu notieren, bis man sieht, daß der Endstandpunkt erreicht ist.

Außer dem Gesagten ist in physiologischer Beziehung folgendes zu bemerken:

Der Hautwiderstand ist im allgemeinen kleiner
an Hautstellen, die gewöhnlich bedeckt sind — als an unbedeckten;
an Hautstellen mit zarter oder ohne Epidermis resp. an Schleimhäuten — als an Stellen mit dicker Epidermis oder mit Haarwuchs;
an schwitzenden oder an feuchten Stellen — als an trockenen (trockene Elektroden auf trockener Haut bieten dem galvanischen Strom absoluten Widerstand*));
an Stellen, die viele Haarbälge oder Drüsenausführungsgänge enthalten — als an anderen**).

Der Hautwiderstand kann artifiziell herabgesetzt werden:
durch Befeuchtung der Haut und der Elektroden,
durch Durchtränkung der Haut und der Elektroden mit warmem oder salzhaltigem Wasser,
durch Stromschwankungen (besonders Stromwendungen) und schließlich — wie gesagt —
durch längere Durchströmung.

Nach dem Gesagten leuchtet ein, daß sich für den LW des Körpers resp. seiner Teile bestimmte Zahlen, die als allgemeine Normen gelten könnten, nicht aufstellen lassen. Es sind Anfangswiderstände von 37500 Ohm und absolute Widerstandsminima von 1300 Ohm gefunden worden; am Kopf fand Eulenburg durchschnittlich Wider-

*) Gegenüber dem faradischen Strom spielt der Hautwiderstand eine so geringe Rolle, daß er praktisch vernachlässigt werden kann. Eine von Windscheid angegebene Methode zu seinem Nachweis hat keine praktische Bedeutung erlangt.

**) Man muß sich hier vorstellen, daß diese Stellen den „Stromfäden" gleichsam Pforten zum Einschlüpfen bieten.

stände von 1200—1600, Mann von 5000 Ohm, und nach E. K. Müller ist der LW sogar von der Tagesstunde, der Nahrungsaufnahme und von psychischen Eindrücken (vgl. auch oben S. 8) abhängig, was die außerordentliche Variabilität der Messungsresultate zu erklären geeignet wäre. Schließlich sei nochmals daran erinnert (s. S. 56, Fußnote), daß nach Dubois' neueren Untersuchungen bei Stromschließungen in der Phase des Kurvenanstiegs („variabler Zustand") der Körperwiderstand momentweise ganz unerheblich und annähernd konstant (ca. 500 Ohm) ist, daß also während dieses Moments der Körper gewissermaßen — ähnlich wie ein Kondensator (Leydner Flasche usw., s. Kapitel 10 und 12) unter der Einwirkung einer Influenzmaschine — geladen wird, um allerdings bald danach — im „permanenten Zustande" — dem Strome die obengenannten, ziemlich starken Anfangswiderstände entgegenzusetzen: diese sinken dann während der Dauer des permanenten Zustandes wieder ein wenig, ohne aber den in der variablen Phase eingenommenen Tiefstand auch nur annähernd zu erreichen.

Veränderungen des LW.

Pathologisch finden sich:

a) Herabsetzungen des LW
- bei Morbus Basedowii (Verminderung des Anfangswiderstands und rasches Erreichen der relativen Konstanz, Vigouroux u. a.);
- bei „traumatischen „Neurosen" und manchen Apoplexien, am Kopfe (Mann);

b) Erhöhungen des LW sind beschrieben
- bei Sklerodermie (lokale Erhöhung der relativen Konstanz);
- bei Myxödem;
- bei Elephantiasis und ähnlichen Affektionen;
- bei Hemiplegie (Dubois), besonders infantiler (Vigouroux und Mally), an den gelähmten Extremitäten;
- bei traumatischen Gelenkneurosen (Böttiger);
- bei hysterischer Anästhesie (Vigouroux, d'Arman, Schaffer u. a.);
- bei Epilepsie, am Kopfe (Boccolari und Borsari, Mann, d'Arman, Alessi).

Teil II. Elektrotherapie.

7. Kapitel.

I. Galvano- und Faradotherapie.

A. Allgemeiner Teil.

Bevor die Einzelheiten der elektrischen Behandlung bei den verschiedenen Erkrankungen und krankhaften Zuständen besprochen werden können, müssen erst zwei Vorfragen beantwortet werden, nämlich 1. besitzt die Elektrotherapie überhaupt einen Heilwert? 2. ev. worin besteht dieser Heilwert?

Der Heilwert des Stromes.

Von einigen Autoren und Praktikern wird der elektrischen Behandlung überhaupt jede kurative Wirkung abgesprochen. Diesem absolut skeptischen Standpunkt, der sicherlich jeder Berechtigung entbehrt, steht ein anderer ziemlich nahe, nämlich der Standpunkt derjenigen, die zwar einen Heilwert zugeben, aber annehmen, daß es sich nicht um einen spezifischen, nur der Elektrizität innewohnenden Heilfaktor handelt, sondern daß das Wirksame der elektrischen Behandlung der psychische Faktor, im wesentlichen also die Suggestion ist.

Wenn diese Annahme richtig ist, dann ist eine spezielle Methodik in der Anwendung des Stromes zu Heilzwecken so gut wie überflüssig. Dann würde es in der Hauptsache darauf ankommen, durch die eigenartigen Sensationen des Stroms, durch den Eindruck der komplizierten Apparate, durch Erzielung auffallender physiologischer Effekte (Muskelkontraktionen, Lichtblitze vor den Augen, Hautrötung usw.) auf die Psyche des Patienten einzuwirken. Dieselbe Wirkung würde sich auch durch eine ganze Reihe anderer Verfahren erreichen lassen. Ob in diesem Falle der faradische oder der galvanische Strom, die Anode oder die Kathode, große oder kleine Elektroden gewählt werden usw., würde dann eine nebensächliche — wenn auch vielleicht nicht gänzlich außer acht zu lassende*) — Rolle spielen.

Psychische Wirkung des Stromes

Es muß von vorherein betont werden, daß nach der fast allgemeinen Erfahrung der Fachleute tatsächlich zu einem nicht unerheblichen Teil die elektrotherapeutischen Erfolge (wie übrigens auch die mechano-, hydro-, pharmakotherapeutischen usw.) als psychische aufgefaßt werden müssen. Das erhellt für den Praktiker daraus, daß bei Anwendung verschiedenartigster, selbst anscheinend

*) Selbst rein suggestive Wirkungen werden durch exakte Methodik erhöht.

entgegengesetzter Methoden oft dieselben therapeutischen Resultate sich ergeben, daß ferner krankhafte Symptome auch gelegentlich beseitigt werden, wenn durch die applizierten Elektroden infolge eines Versehens gar kein Strom geleitet worden ist, und aus einer ganzen Reihe ähnlicher häufiger Beobachtungen, die eine andere Erklärung nicht zulassen. Es ist nun aber ein unrichtiger Schluß, wenn man aus diesen Tatsachen folgert, daß die Elektrizität als Heilmittel nur psychisch wirkt; es wird sich vielmehr für jeden Unbefangenen fragen, ob nicht außer dem anerkannten psychischen noch ein anderer, ein spezifischer Heilwert des Stromes existiert.

Es erscheint schon von vornherein als höchst unwahrscheinlich, daß der elektrische Strom, der so mächtige physikalische und chemische Effekte außerhalb des menschlichen Körpers erzielt und zum Körper selbst — namentlich auch zum Nervensystem — so mannigfaltige und wichtige physiologische Beziehungen hat, bei Erkrankungen des Körpers und gerade bei denen des Nervensystems gänzlich wirkungslos bleiben sollte. Es widerspricht einer solchen Annahme nicht nur das Resultat zahlreicher physiologischer Arbeiten, in denen Stromwirkungen auf den gesunden Körper erwiesen worden sind (Kontraktion erregende, vasomotorische, elektrotonische usw.), wie sie anders auch zu Heilzwecken für den kranken Körper gar nicht erfordert werden, es steht ihr nicht nur die tägliche praktische Erfahrung kritischer Autoren und Therapeuten entgegen, welche empirisch — oder gestützt auf theoretische Erwägungen — bestimmte elektrotherapeutische Wege als erfolgreich erkannt haben; sondern es liegen sogar — wenn auch bisher nur vereinzelte — experimentelle Arbeiten vor, die für gewisse konkrete Fälle bei Anwendung der üblichen Stromstärken den Nachweis spezifischer Heilwirkung (unter Ausschluß der Suggestion) erbracht haben. Zu nennen sind da 1. die klinischen Reihenexperimente E. Remaks bei der Radialislähmung, die die Abkürzung der Heilungsdauer durch eine ganz bestimmte Behandlungsmethode nachweisen konnten, und ähnliche neuerliche Versuche von Paula Philippson an tetaniekranken Kindern; 2. Experimente an Tieren, bei denen doch die psychische Einwirkung wegfällt, und bei denen artifiziell erzeugte Erkrankungen (Lähmungen, Reid, Déjérine, R. Friedländer und Götze) durch Anwendung elektrischer Ströme rascher zu heilen schienen als ohne dieselbe.

Die spezifischen Wirkungen.

Freilich sind der unzweideutigen Tatsachen, aus denen man die Art der spezifischen Heilwirkung des elektrischen Stromes in allen oder auch nur vielen einzelnen Fällen exakt konstruieren könnte, bisher viel zu wenig. Aber wenn diese Wirkung auch nur in wenigen nachgewiesen ist — und das ist geschehen —, so muß das für uns genügen, um uns die Suggestionshypothese sans phrase als ungenügend begründet ablehnen zu lassen.

Worin aber besteht die spezifische Heilwirkung des elektrischen Stromes? Das ist die zweite Frage, weit schwieriger als die erste zu beantworten, weil hier fast alles hypothetisch ist.

Physikalische Theorie.

Am naheliegendsten erscheint, wenn man das Wesen der Elektrizität in Betracht zieht und nach Analogien aus ihren anderen Wirkungssphären schließt, von vornherein die Annahme einer physikalischen Einwirkung: einer Beeinflussung der kleinsten Körperelemente (Moleküle) im Sinne einer direkten Beschleunigung, Verlangsamung oder Richtungsveränderung der im lebenden Körper vorausgesetzten permanenten Bewegung dieser Teilchen. — Gerade diesen Vorgängen ist in den letzten Jahren unter Anlehnung an die gegenwärtig gültigen Theorien vom Wesen der Elektrizität besondere Aufmerksamkeit zugewendet worden. Frankenhäuser, Schatzky, Leduc u. a. haben sich zu zeigen bemüht, daß die Gewebe des menschlichen Körpers Elektrolyten (Halbleiter) ähnlich den Salzlösungen darstellen, in denen wie in jeder Lösung elektrisch — teils positiv, teils negativ — geladene Molekülbestandteile, sog. Ionen, durch den Lösungsprozeß freigemacht werden. Wenn jetzt ein Strom dem Körper zugeführt wird, so äußert er sich in den Geweben in der Weise, daß die Ionen ins Wandern kommen, die Anionen zur Anode, die Kationen zur Kathode hin. In dieser Ionenwanderung besteht eben das Wesen des elektrischen Stromes im Körper. Und aus ihr erklärt sich nach der gegenwärtigen Auffassung auch seine therapeutische Wirksamkeit.

Ionenwanderung.

Thermische Wirkungen.

Durch das Zusammenstoßen der wandernden Ionen mit andern oder mit unzerlegten Molekülen wird nämlich zunächst Reibungswärme erzeugt, der für manche Krankheitszustände möglicherweise eine gewisse therapeutische Bedeutung zukommt (vgl. über „Thermopenetration" Kapitel 12). Wenn aber diese Seite der Wirksamkeit wohl in der Mehrzahl der Fälle von geringfügiger Bedeutung ist, so steht es anders mit denjenigen Folgeerscheinungen der Ionenwanderung, die gemeinhin als „Elektrolyse" bezeichnet und als elektrische Zerlegung gelöster Gewebsteile oder pathologischer Produkte in ihre Komponenten angesehen worden sind, die wir jedoch korrekter kurzweg chemische Stromwirkungen nennen wollen. Wir stellen uns jetzt nämlich den Vorgang so vor, daß, da die verschiedenen Körpergewebe Elektrolyte (s. oben) verschiedener Zusammensetzung sind, die hindurchwandernden Ionen an der Grenze zwischen diesen verschiedenen Geweben (an den halbdurchlässigen Zellmembranen) teils Konzentrationsänderungen, teils neue Molekülbildungen hervorrufen. So entsteht in der interpolaren Strecke als Folge der Ionverschiebung eine Auswechslung von Salzmolekülen, die der Zerteilung krankhafter Salzablagerungen, der Kallusresorption, der Aufsaugung von Entzündungs- und Extravasationsprodukten usw. zugute kommen dürfte.

Chemische Wirkungen.

Auch die bald zu erwähnende polare schmerzstillende Wirkung der Anode kann (nach Schatzky) auf die Ionenwanderung, nämlich auf den den sensiblen Nervenendigungen durch den Strom an der Anode zugeführten Sauerstoff und auf die Beseitigung mechanisch reizender Substanzen, zurückgeführt werden*).

*) Eine andere Möglichkeit, die elektrotonischen Heileffekte auf chemische zurückzuführen, wird durch die Untersuchungen Bethes gegeben, auf die hier nur kurz noch einmal hingewiesen sei (s. oben S. 21).

Iontophorese.

Ein weiterer nicht unwesentlicher Faktor zur Erzielung elektrotherapeutischer Heilwirkungen wurde seit H. Munks u. A. Untersuchungen in der „Kataphorese" gesehen. Man nahm nämlich als erwiesen an, daß man perkutan Lösungen von Medikamenten (Strychnin, Sublimat, Kokain, Chinin, Jod usw.) mittels galvanischer Ströme in den Körper einführen könne, indem man Elektroden, die mit entsprechenden Lösungen durchtränkt waren, oder Wannen von lokalen oder Vollbädern anwandte. Leduc, Frankenhäuser, Knauer, Lewis Jones u. a. haben jedoch in den letzten Jahren den Nachweis geführt, daß es sich dabei nicht um Transport der Gesamtlösung, sondern um einen Zerfall derselben in elektropositive und elektronegative Bestandteile (Ionen) handelt, von denen während der Durchströmung die Anionen an der Kathode, die Kationen an der Anode abgestoßen und ins Körperinnere transportiert werden: Iontophorese. Anionen in diesem Sinne sind vor allem die Halogene und Säuren, Kationen die Metalle, Alkalien und Alkaloide (Morphin, Kokain, Strychnin usw.). Auf die therapeutische Bedeutung der „Iontophorese" wird später im speziellen Teil zurückzukommen sein.

Daß überhaupt physikalisch-chemische Vorgänge im Körper durch den elektrischen Strom zu erzielen sind, ist nach dem Gesagten wohl als sicher anzusehen. Ob es aber mit den von uns im allgemeinen an der unverletzten Haut („perkutan") angewandten Strom-Stärkegraden möglich ist, in der Tiefe so erhebliche Effekte zu erzielen, daß sie auch als Heileffekte anzusprechen sind, das harrt noch des Beweises. Die Anhänger der chemischen Theorien verlangen konsequenterweise die Anwendung hoher Stromstärken, und französische Therapeuten (Bergonié, Leduc u. a.), sowie eine Anzahl deutscher Autoren (Frankenhäuser u. a.) haben denn auch in letzter Zeit Behandlungsmethoden vorgeschlagen, die mit Stärkegraden von 40 bis 60 MA (am Halse und am Kopfe sogar) operieren. Näheres darüber s. unten.

Physiologische Wirkungen.

Eine Reihe weiterer Theorien zur Erklärung der elektrotherapeutischen Erfolge gründet sich auf Erscheinungen, die von den Physiologen am lebenden Tiere und Menschen beobachtet und studiert worden sind, und die man darum, obwohl sie natürlich in letzter Linie ebenfalls als physikalisch-chemische Vorgänge anzusehen sind, physiologische Wirkungen nennen kann. So hat man erstens die Tatsache, daß die Blutgefäße auf den elektrischen Strom mit Verengerung und Erweiterung reagieren, für die Heilerfolge der elektrischen Behandlung verantwortlich gemacht, und es kann wohl auch nicht bestritten werden, daß die Erzielung von lokaler Hyperämie oder Anämie, von Herabsetzung des allgemeinen Körperblutdrucks, von Erniedrigung der Pulsfrequenz usw., wie sie als direkte oder indirekte Folge verschiedener elektrotherapeutischer Applikationen schon längst und gerade in den letzten Jahren wieder erneut nachgewiesen worden ist (Steffens, Winkler, Hiss, Laqueur u. a.), für viele Krankheiten des Nerven-

Vasomotorische Effekte.

systems und der inneren Organe von großem therapeutischen Wert sein muß*).

Zweitens waren es die an den Tieren gefundenen elektrotonischen Erscheinungen (die Herabsetzung der Nervenerregbarkeit an der Anode — Anelektrotonus —, die Erhöhung derselben an der Kathode — Katelektrotonus — s. S. 21), welche man, auf den Menschen übertragen, als therapeutisch wichtiges Agens darstellte. Bei der letzteren, nach älteren und neueren Versuchen (de Watteville, Leduc) wahrscheinlich auch für den Menschen zutreffenden Annahme muß man bei Zuständen erhöhter Nervenerregbarkeit (z. B. Neuralgien) therapeutisch die Anode als differente Elektrode anwenden, bei krankhaften Zuständen dagegen, in denen man die Erregbarkeit erhöhen will (also z. B. bei Lähmungen), die Kathode als „Reiz"-Elektrode wählen. Man nennt das „polare Behandlung"; ihr Hauptprinzip ist die „beruhigende" Wirkung der Anode und die „erfrischende" (R. Heidenhain) der Kathode. Dabei ist es freilich noch durchaus fraglich, ob diese Wirkungsweisen sich auch auf andere als die peripheren Teile des Nerv-Muskel-Apparats übertragen lassen, und man sollte immer (was leider oft vernachlässigt wird) in der Ausdehnung des elektrotonischen Prinzips auf die Zentralapparate große Zurückhaltung walten lassen.

Elektrotonus.

Drittens ist wohl als sicher anzusehen — und das ist von besonders hoher therapeutischer Bedeutung —, daß die regelmäßige Auslösung von Kontraktionen in gelähmten Muskeln auf deren Ernährungszustand einen günstigen Einfluß ausübt. Für das Verständnis der Heilwirkung bei Lähmungen ist aber auch weiterhin ein Faktum in Betracht zu ziehen, das aus den physiologischen Versuchen und den klinischen Erfahrungen in übereinstimmender Weise hervorzugehen scheint: Danach ist die Elektrizität imstande, bei regelmäßiger Einwirkung die Erregbarkeit des Muskels so weit zu steigern, daß z. B. bei zentraler Leitungsunterbrechung der Muskel auf die noch zu ihm gelangenden Reste der zentralen Bewegungsimpulse leichter anspricht. Dabei ist noch besonders das Gelingen des Nachweises (L. Mann) wichtig, daß diese therapeutisch erzielte Erregbarkeitssteigerung und damit wohl auch ihre „bahnende" Wirkung bleibenden Charakter hat. — Endlich können wir nach kasuistischen Erfahrungen annehmen, es könne durch regelmäßige Stromanwendung in solchen Teilen, die durch langdauernde Leitungsunterbrechung in Inaktivität versetzt worden waren, verhindert werden, daß sich selbst nach Wiederherstellung der Leitung durch den langen Nichtgebrauch ein Zustand funktioneller Bewegungsunfähigkeit („funktionelle Bewegungsfurcht", oder richtiger „metaparalytische psychogene Akinesie", s. oben S. 84) herausbildet, wie er bei Unterlassen der Elektrotherapie namentlich im jugendlichen Alter sich entwickeln und

Muskelkontraktion.

*) R. Remak bezeichnete die Gefäßwirkung plus der chemischen und kataphorischen Wirkung als die „katalytische" Wirkung des elektrischen Stromes.

den organischen Prozeß jahrelang überdauern kann (eigene Beobachtungen, zuerst publiziert von Sossinka).

Kontraktion glatter Muskeln.

Die kontraktionserregende Wirkung, die fast allen bekannten Stromarten zukommt, beschränkt sich übrigens nicht auf die quergestreifte Muskulatur, sondern ist auch für die glatten Muskeln des Magens, des Darms, der Harnblase, der Gebärmutter und namentlich auch der Blutgefäße festgestellt worden.

Hautreiz.

Bei dem innigen Konnex der Nervenelemente (Neurone) des Körpers untereinander wird zweifellos durch elektrische Hautreizung, wahrscheinlich auch durch Beeinflussung der Muskelsensibilität vermittels der Muskelzuckung, auf entfernt liegende Teile (reflektorisch) ein Effekt erzielt. So kann eine Veränderung an der gereizten Stelle auch auf andere Stellen des Nervensystems, z. B. auf das Zentralorgan, im Sinne einer Funktionshemmung (bei Neuralgien) oder einer Funktionssteigerung — „Bahnung" — (bei Hemiplegien) wirken, und kann auch wohl durch Ablenkung der Aufmerksamkeit ein entfernt von der Krankheitsstelle gesetzter Reiz einen Heileffekt ausüben (Goldscheider). — Die Bedeutung des Hautreizes für die Therapie — und zwar nicht für die Elektrotherapie allein, sondern auch für die mechanischen und hydriatischen Prozeduren, Einreibungen usw. — kann darum nicht hoch genug angeschlagen werden. Was wir als „ableitende" Therapie bezeichnen, ist sicherlich ganz oder größtenteils der erregbarkeitsvermindernden oder Gegenreize schaffenden Wirkung kutaner Reizungen zuzuschreiben. Aber ihr Einfluß reicht noch weiter; denn daß analog der lokalen Stromwirkung auf den lokalen Blutdruck und Stoffwechsel behandelter Bezirke die auf größere Körperpartien ausgedehnte Erregung der Muskulatur und der Haut (allgemeine Elektrisation, elektrische Bäder usw.) mittelbar den allgemeinen Blutdruck und den allgemeinen Körperstoffwechsel beeinflussen muß, ist a priori verständlich und kann überdies als bewiesen angesehen werden. Eine besondere, spezifische Blutdruck- und Stoffwechselwirkung bestimmter Stromarten (Hochfrequenz- und Sinusoidalstrom, s. Kapitel 11 und 12) anzunehmen, zwingt freilich nichts. Soweit sie nicht auch dort Folge des Hautreizes ist, kann sie auf akzessorische Momente zurückgeführt werden (Toby Cohn und A. Löwy u. a.).

Wirkung auf Blutdruck und Stoffwechsel.

Auf die Beeinflußbarkeit der Zentralorgane durch elektrotherapeutische Maßnahmen (schlafmachende Wirkung, Leducs Elektronarkose usw.) wird später näher einzugehen sei.

Wenn wir alles das, was zur Erklärung der therapeutischen Resultate angeführt worden ist und wird, überblicken, so müssen wir zwei Dinge auseinanderhalten: nämlich: 1. Daß der Strom im Körper (außer dem psychischen Effekt) physikalisch-chemische Wirkungen, Wirkungen auf die Gefäße und die Nervenerregbarkeit, sowie Muskelkontraktionen, Hautreize und Veränderungen des Blutdrucks und des Körperstoffwechsels herbeiführt, kann als zweifellos angesehen werden. 2. Welcher von diesen Effekten im speziellen Falle, bei einer speziellen

Methode zu erwarten ist, und ob im speziellen Fall dieser Effekt ein erwünschter, ein Heileffekt ist, darüber liegen in den allerseltensten Fällen unzweideutige und unbestreitbare Tatsachen vor, so daß man — trotz aller Hypothesen — bei der Methodik im wesentlichen auf die Empirie, die Erfahrung kritischer Autoren und Praktiker und auf die eigene Erfahrung angewiesen ist. Dabei werden die oben angeführten Hypothesen und Theorien resp. eine oder die andere gelegentlich als Unterlage für die spezielle Methodik dienen. Nur in wenigen Fällen indessen werden die therapeutischen Indikationen und Kontraindikationen mit einer gewissen Bestimmtheit gegeben werden können.

Allgemeine Regeln.

Der Anfänger tut gut, sich zunächst ein bestimmtes therapeutisches Schema einzuprägen, für das ihm im folgenden die Anhaltspunkte gegeben werden sollen. Aber er darf nicht vergessen, daß ein Schema niemals allgemeine Gültigkeit haben kann, und daß es das Recht und oft die Pflicht des Therapeuten ist, von diesem Schema abzuweichen, zu individualisieren. Das ist nirgends wichtiger als in der Elektrotherapie: der beste Therapeut wird auch hier der sein, der am wenigsten schematisiert. Um so bedauerlicher ist es daher, daß vielfach, besonders in Krankenhäusern, die Elektrotherapie in den Händen des niederen Heil- oder Wartepersonals liegt. Was dabei oft herauskommt, weiß jeder, der das mit angesehen hat.

Das zweite eigentlich selbstverständliche Erfordernis für den Elektrotherapeuten ist das Lokalisieren der Behandlung auf den Ort der Krankheit. Das ist freilich oft unausführbar. Denn in vielen Fällen ist der Ort der Krankheit für den Strom gar nicht direkt zugänglich (wie z. B. bei den Augenmuskellähmungen), oder er ist unbekannt (wie bei gewissen funktionellen Neurosen), oder endlich die durch die Krankheit gesetzten Veränderungen sind derart, daß keine Aussicht vorhanden ist, durch direkte Beeinflussung des Herdes irgendetwas zu erreichen (z. B. bei progressiv degenerativen Prozessen im Zentralnervensystem): in solchen Fällen muß man sich damit begnügen, symptomatisch zu behandeln, also an einer vom Ort der Krankheit entfernten Stelle, nämlich an der Stelle, an welcher sich die hauptsächlichsten Symptome bemerkbar machen. Im allgemeinen jedoch wird man das Prinzip des Lokalisierens dem der symptomatischen Therapie bei weitem vorziehen, wie später bei der speziellen Besprechung des weiteren dargetan werden soll.

Schließlich ist als drittes wichtiges Erfordernis das Dosieren des Stromes zu erwähnen. Hier gehen die Ansichten der Autoren und Praktiker wieder weit auseinander. Es ist bereits oben (S. 108) dargetan worden, daß neuerdings — besonders bei den Anhängern der elektrochemischen Theorie — die Neigung besteht, möglichst kräftige Ströme (galvanische bis 60 MA) anzuwenden, so für die Behandlung der Neuralgieen, des Morbus Basedowii, des Kopfschmerzes usw. — Demgegenüber wird ein anderer extremer Standpunkt von denjenigen vertreten, die den homöopathischen Grundsatz des „breve, leve, saepe“

auf die Elektrotherapie anwenden wollen. Es wird für die Mehrzahl der Fälle gut sein — Ausnahmen s. im speziellen Teil —, sich in der Praxis von beiden Extremen fernzuhalten, bis größere Erfahrungen gesammelt sind*), und die Stromstärken zwar nicht zu groß zu wählen, aber doch andererseits der absolut unbewiesenen Behauptung, daß minimale Stromdosen, Bruchteile einer Minute lang angewendet, „adaequate Reize" für das kranke Nervensystem bilden, nicht praktisch Rechnung zu tragen.

Die Regeln für die speziellen Fälle sollen in den nachfolgenden Kapiteln gegeben werden. Im allgemeinen ist bezüglich der anzuwendenden Stromstärke und bezüglich der Art der Stromapplikation folgendes zu bemerken, zunächst nur mit Berücksichtigung der Galvanisation und Faradisation.

Prinzipien der Dosierung und Applikation.

1. Die Patienten wollen bei der elektrischen Behandlung etwas „fühlen". Bei zu schwachen Strömen fühlen sie nichts und glauben nicht an deren Wirksamkeit. Da das suggestive Moment bei unserer Therapie eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt, berauben wir uns eines Bundesgenossen, wenn wir zu schwache, unfühlbare Ströme anwenden. Nur ausnahmsweise, aus besonderen Gründen, dürfen wir das —, in manchen, unten näher zu besprechenden Fällen müssen wir es sogar tun.

2. Zu starke galvanische Ströme rufen auf der Haut und besonders auf den Schleimhäuten schmerzhaftes Brennen hervor und verätzen das Integument, so daß schon nach einer einzigen Anwendung gelegentlich Ätzwunden von größerer oder geringerer Tiefe zurückbleiben können. Der eintretende Schmerz gilt uns für die Höhe der erlaubten Stromstärke als warnendes Moment. Nur ein „leichtes Brennen" darf entstehen, mehr im allgemeinen nicht. — Das Galvanisieren von Schleimhäuten unterbleibt am besten ganz. — Faradische Ströme größerer Kraft führen nur Schmerzen und Hautrötung herbei, sonst in den uns zur Verfügung stehenden Stärkegraden kaum andere Schädigungen. Nur sollte man nicht plötzlich starke faradische Ströme einleiten, weil das die Patienten, besonders wenn sie zum ersten Male elektrisiert werden, erschreckt.

3. Schon mittelstarke galvanische Ströme, am Kopfe oder am Halse appliziert, verursachen Schwindel (s. oben S. 94 u. 95), Augenflimmern, galvanischen Geschmack auf der Zunge, gelegentlich Übelkeit, Ohrensausen und kollapsähnliche Zustände, bei Hysterischen auch Wein- und Schreikrämpfe oder Anfälle anderer Art. Dasselbe und in noch höherem Maße kann bei Anwendung selbst geringer Stromstärken

*) Die von den Autoren besonders der letztgenannten Richtung angeführten, angeblich nach ihrer Methode unter Ausschluß der Suggestion geheilten Fälle bedürfen noch kritischer Nachprüfung.

am Kopfe und Halse eintreten, wenn während des Ein- und Ausleitens des Stroms, besonders bei kleinerem Elektrodenquerschnitt, erhebliche Dichtigkeitsschwankungen im Strom geschehen, d. h. also, wenn die Stromstärke nicht ganz allmählich vergrößert resp. verkleinert wird, sondern wenn dies sprungweise geschieht. Man soll demgemäß bei Behandlung dieser Körperteile immer den Rheostaten benutzen und vorsichtig von Kontakt zu Kontakt weiter gehen, beim Einleiten vorwärts und beim Ausleiten rückwärts: man nennt das Einschleichen und Ausschleichen. An der Art, wie sich die Galvanometernadel bewegt, erkennt man, ob man dieses Ein- und Ausschleichen langsam genug vornimmt: die Nadel darf keinerlei hin- und herpendelnde Bewegungen machen, sondern muß sich gleichmäßig schleichend in der einen, gewünschten Richtung weiter bewegen. Auch ist es zweckmäßig, um zur allmählichen Erreichung einer bestimmten Stromstärke möglichst den ganzen Rheostaten (mindestens einen großen Teil desselben) ausnutzen zu können, zur Behandlung der erwähnten Körperstellen möglichst wenige Elemente einzuschalten: dann kann man mittels des Rheostaten jede Schwankung leichter vermeiden als bei Benutzung vieler Elemente, wobei — wie leicht zu berechnen — die Sprünge größer und trotz des Rheostaten Schwankungen nicht zu umgehen sind.

4. Dasselbe, also das Vermeiden von Stromschwankungen durch Ein- und Ausschleichen, muß Platz greifen, wenn man polar behandeln will (s. oben S. 109), d. h. wenn man nach Analogie der Tierexperimente am lebenden Menschen zu therapeutischen Zwecken den An- oder Katelektrotonus herzustellen wünscht. Will man z. B. bei Neuralgien auf die schmerzhafte Stelle die Anode applizieren in der Absicht, dadurch die Erregbarkeit des schmerzenden Nerven herabzusetzen, so darf man den Strom nicht sprungweise ein- und ausleiten, sondern muß es in der sub 3. erwähnten Weise tun: es tritt nämlich beim Tier, sobald bei geschlossenem Stromkreis Stromschwankungen irgendwelcher Art stattfinden, bekanntlich die sogenannte negative Modifikation (s. S. 21) ein, d. h. an der Stelle des Anelektrotonus entsteht der Katelektrotonus und umgekehrt. Wenn man — hypothetisch — die Verhältnisse vom Tier auf den Menschen überträgt, so muß man auch auf diese Tatsache Rücksicht nehmen.

5. Aus den erwähnten Gründen darf man in den unter 3. und 4. genannten Fällen im allgemeinen auch keine Stromwendungen bei geschlossenem Strom vornehmen und ebensowenig den Strom plötzlich öffnen oder schließen. Man tut darum gut, in Fällen der genannten Art den Patienten zu instruieren, daß er nicht die Elektroden

entfernen dürfe, ehe die Sitzung beendet ist: bei Auftreten von Lichtblitzen, Schwindel usw. tun dies manche Personen unwillkürlich. Man vermeide es auch, in diesen Fällen sich einer Unterbrecherelektrode zu bedienen, weil dabei leicht unbeabsichtigte Öffnungen und Schließungen durch Druck auf den Unterbrecherhebel eintreten könnten. Aus dem gleichen Grunde soll man zu therapeutischen Zwecken immer zunächst die Elektroden an Ort und Stelle applizieren und dann erst den Strom allmählich einschalten und ebenso nach Schluß der Behandlung erst den Strom ausleiten (langsames Zurückdrehen der Rheostatenkurbel auf 0, Ausschalten der Elemente), ehe man die Elektroden vom Körper entfernt.

6. Das Zurückführen des Apparats zur Ruhestellung vor Abnahme der Elektroden ist in jedem Falle zweckmäßig, weil man es sonst leicht überhaupt vergißt, und die Elemente (bei zufälliger Berührung der Elektroden im Tischkasten usw.) unnötigerweise in Tätigkeit bleiben und abgenutzt werden*).

7. Wenn man direkte Wirkungen in die Tiefe (Muskeln, Nervenstämme, Zentralnervensystem usw.) beabsichtigt, so bediene man sich gut durchfeuchteter (nicht bloß angefeuchteter) überzogener Elektroden, unter denen der Hautwiderstand herabgesetzt wird. Trockene, besonders Metallelektroden (Bürste, Pinsel usw.) wirken direkt im wesentlichen auf die Haut und deren Nerven (indirekt — reflektorisch — freilich auch, wie oben näher ausgeführt wurde, auf das Zentralnervensystem, den Zirkulationsapparat und den Stoffwechsel). Sie werden besonders mit dem faradischen Strom angewendet; beim galvanischen Strom Metallelektroden zu benutzen, ist unstatthaft, weil sehr leicht starke Ätzwirkungen eintreten. Darum soll man auch darauf achten, daß nicht beim Galvanisieren mit überzogenen (und befeuchteten) Elektroden der Überzug schadhaft ist und ein Stück des Elektrodenmetalls mit der Haut in Berührung kommt.

8. Elektrische Sitzungen werden in frischen Fällen täglich einmal vorgenommen; in veralteten genügt eine Wiederholung an jedem zweiten Tage. Noch seltenere Sitzungen haben höchstens suggestiven Wert. Einen anderen Wert als den suggestiven kann es (mit einzelnen Ausnahmen) auch nicht haben, wenn man, wie das oft genug geschieht, die elektrische Behandlung über viele Monate und Jahre hinaus ausdehnt. Im allgemeinen sollte man, wie bei jeder anderen therapeutischen Maßnahme, die Methode wechseln, wenn man spätestens nach mehreren Wochen keinen bleibenden Erfolg sieht, und sollte auch nicht vergessen, daß es außer der

*) Es gibt transportable Apparate mit einer Hemmungsvorrichtung, die selbsttätig an das Ausschalten der Elemente erinnert.

Elektrotherapie noch andere Behandlungswege gibt. — Über die Dauer der einzelnen Sitzungen werden im speziellen Teile Anhaltspunkte gegeben werden.

9. Fiebernde Kranke dürfen nicht elektrisch behandelt werden, ebenso sollte man bei stark kachektischen (Krebskranken, Phthisikern, Tabikern der letzten Krankheitsstadien usw.) und bei sehr alten Leuten*) keine oder doch nur sehr vorsichtige Elektrotherapie anwenden. Vorsicht oder gänzliches Aussetzen lokaler Behandlung ist auch bei Frauen in der Menstruation und der Gravidität geboten. — Von selbst ergeben sich lokale Kontraindikationen bei Hautkrankheiten, Wunden, örtlichen Blutungen und Prozessen im Körperinnern, die Durchbruch in eine Körperhöhle befürchten lassen (frische Apoplexie, Appendizitis, Zysten usw.). — Besondere Kontraindikationen für einzelne Fälle s. im speziellen Teil.

8. Kapitel.

B. Spezieller Teil.

Methodologie.

Eine spezielle Elektrotherapie hätte die Aufgabe, exakte Methoden für die Behandlung jeder einzelnen derjenigen Erkrankungen anzugeben, die überhaupt elektrischer Beeinflussung zugänglich sind. Das ist bei unsern bisherigen Kenntnissen nicht möglich: wollen wir uns nicht zu weit in unerforschtes Gebiet verirren, und wollen wir nicht vereinzelte Erfahrungen eines oder des andern Elektrotherapeuten — wobei es oft überdies noch schwer ist, das „post hoc“ vom „propter hoc“ zu trennen — ohne ausreichende Kritik zur „Methode“ erheben, so müssen wir uns in der Besprechung der speziellen Methodik beschränken. Und so sollen auch hier dem Anfänger 1. nur diejenigen Behandlungsweisen empfohlen werden, die bei der großen Mehrzahl der maßgebenden Autoren anerkannt sind und von den erfahrensten Neurologen in ihren klinischen Instituten und in der Privatpraxis ausgeübt werden, wobei als selbstverständlich kaum erwähnt zu werden braucht, daß es fast soviel Modifikationen dieser Methoden gibt als Nervenärzte. Dabei sollen diejenigen Verfahren bevorzugt werden, die der Praktiker mit einfachem Instrumentarium jederzeit leicht ausführen kann. Wie schon oben hervorgehoben wurde und hier noch einmal zu betonen ist, sind die anzugebenden Methoden nur Schemata, von denen der erfahrenere Arzt in besonderen Fällen ohne weiteres individualisierend abweichen wird. 2. werden hier mit einer gewissen

*) Althaus' angeblich „glänzende“ Erfolge mit der Elektrotherapie der Symptome des Greisenalters seien als Kuriosum und als beweiskräftiges Zeichen für die „autosuggestive“ Wirkung der Elektrotherapie auf die Elektrotherapeuten hier angeführt.

Ausführlichkeit zunächst nur die therapeutischen Verfahren der Galvanisation und Faradisation beschrieben, während die seltener angewandten und für den praktischen Arzt vorderhand wenig (noch weniger als für den Spezialisten) in Frage kommenden Methoden der Franklinisation, Arsonvalisation usw. in späteren Kapiteln summarisch besprochen werden sollen. 3. werden die Erkrankungen in bezug auf ihre elektrische Behandlung gruppenweise zusammen abgehandelt werden, also z. B. Erkrankungen des Rückenmarks, des Gehirns usw. — Wo sich bei bestimmten einzelnen Krankheiten bestimmte Methoden als zweckmäßig erwiesen haben, wird das besonders hervorgehoben werden.

Es wird also zu besprechen sein die Galvano- und Faradotherapie bei

- a) den Erkrankungen der peripherischen Nerven,
  - α) Reizzuständen,
  - β) Lähmungen,
- b) den Erkrankungen der Muskeln,
- c) den Erkrankungen des Rückenmarks,
- d) den Erkrankungen des Gehirns,
- e) den einzelnen funktionellen Nervenleiden und denen von unbekannter Genese,
- f) den Erkrankungen der Gelenke,
- g) den Erkrankungen der inneren und Sinnesorgane und den Stoffwechselkrankheiten.

a) Erkrankungen der peripherischen Nerven.

Neuralgien.

Die Reizzustände (Neuralgien und lokale Krämpfe).

1. Die lokale Anwendung der galvanischen Anode (zur Herabsetzung der Erregbarkeit) ist die bewährteste Methode zur Behandlung von Reizzuständen der sensiblen Nerven (Neuralgien) und der motorischen Nerven (lokalen Krämpfen). Sie geschieht in folgender Weise: eine gut durchfeuchtete Platte von großem Querschnitt wird auf eine Stelle in der Mittellinie des Körpers (Sternum, Nacken, Kreuzbeingegend) aufgesetzt, eine ebenso durchfeuchtete Elektrode von kleinem Querschnitt (ca. 5—15 qcm)*) über den erkrankten Nerven, d. h. über die Stelle, wo dieser Nerv am oberflächlichsten liegt, resp. wo man in ihm den Krankheitsherd vermutet. Alsdann, d. h. bei aufsitzenden Elektroden, schaltet man eine beliebige Anzahl von Elementen (am Kopf und Hals eine geringere Anzahl als an anderen Körperstellen, s. S. 112) ein und leitet nun mit Hilfe des Rheostaten, indem man ganz allmählich und langsam dessen Kurbel vom Nullpunkt fortführt (einschleichend!), den galvanischen Strom durch den Körper bis zu einem an der Galvano-

*) Je nach der Dicke der zu durchdringenden Hautschicht, so daß man also z. B. am Trigeminus eine Elektrode von ca. 5 qcm, am Ischiadikus eine von 20 qcm oder noch mehr wählen kann.

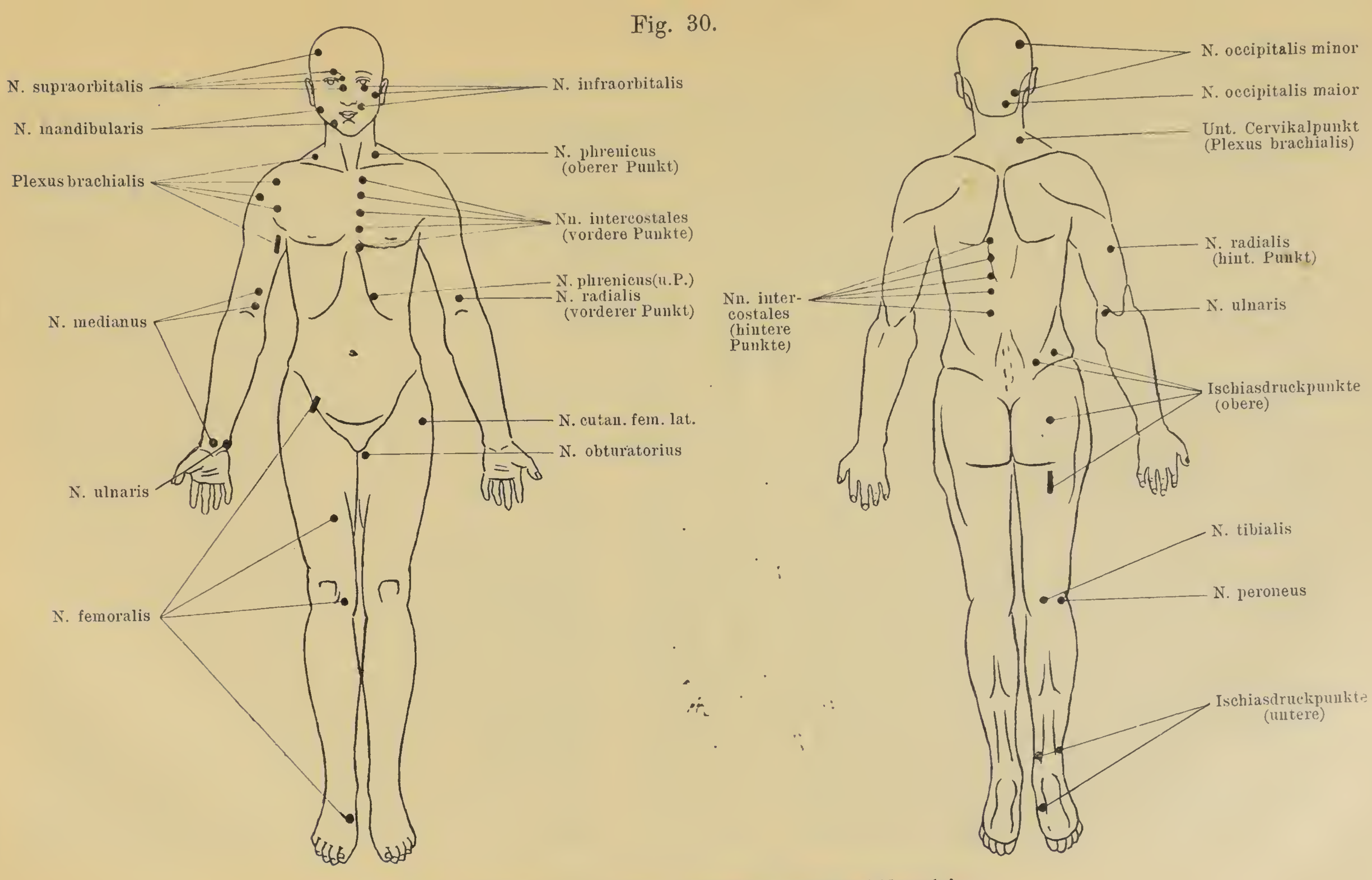
meternadel abzulesenden Stärkegrad zwischen $1^1/_2$—6 MA. Zwischen diesen Intensitäts-Graden schwankt die Angabe; welche von ihnen man wählt, hängt ab: 1. von der Lage des Nerven: am Trigeminus (am Kopfe!) geht man bis etwa 3 MA, am Plexus brachialis kann man mehr, am Ischiadikus sogar 8—10 MA nehmen; 2. von dem Alter des Falles und der Dauer der Behandlung: in frischen Fällen und in den ersten Sitzungen nimmt man schwächere Ströme: allmählich steigert man die Intensität; 3. von der Empfindlichkeit des Patienten: manche Menschen empfinden schon bei Stärken unter 1 MA an gewissen Teilen ein heftiges Brennen, so daß man gezwungen ist, schwächere Ströme zu nehmen. Im allgemeinen wird man nicht schaden, wenn man den Strom immer so stark wählt, daß der Patient ein leises Gefühl, mindestens ein leichtes Wärmegefühl hat. — Man läßt die Elektroden ca. 4—8 Minuten sitzen, leitet dann ausschleichend den Strom aus, schaltet auch die Elemente aus und entfernt schließlich die Elektroden. — Sind mehrere Nervenpunkte zu behandeln, z. B. bei Neuralgie mehrerer Trigeminusäste, so wird nach dem Ausschleichen und der Abnahme der Elektroden der zweite und dritte Punkt in gleicher Weise behandelt. Mehr als drei Punkte pflegt man in einer Sitzung nicht vorzunehmen. Die Lage der für die Neuralgie-Behandlung in Betracht kommenden „sensiblen" Punkte soll in Fig. 30 (auf S. 118) verdeutlicht werden.

Trigeminus-Neuralgie.

Gegen Trigeminus-Neuralgie ist auch Galvanisation von der Mundschleimheit aus — Anode auf der Schleimhaut über dem zweiten und dritten Aste, 1—$1^1/_2$ MA, 5 Minuten — empfohlen worden (Vitek); indessen dürfte mit Rücksicht auf die Verätzungsgefahr größte Vorsicht geboten sein.

In den letzten Jahren empfehlen Bergonié und nach ihm L. Dubois, Guilloz u. a. bei Trigeminusneuralgien Ströme von großer Stärke: eine 200—250 qcm große, dem Trigeminusgebiet halbmaskenartig aufsitzende, mit zwei Kautschukbändern befestigte und mit Filz oder vielen Lagen hydrophiler Gaze überzogene Anode und eine am Rücken sitzende, 400—500 qcm große Kathode bleiben 15—25 Minuten befestigt. Der galvanische, nicht von einer Batterie, sondern stets von einer Zentrale (vgl. 9. Kapitel) gewonnene Strom wird eingeschaltet und in den ersten 7—10 Minuten bis 35—50 MA verstärkt, um dann wieder allmählich auf 0 abgeschwächt zu werden. Andere (z. B. Bordier) wählen die Dauer noch länger ($^3/_4$—1 Stunde), wieder andere (Zimmern) bevorzugen lange Dauer, aber schwächere Ströme (3—12 MA). Die Erfolge werden außerordentlich gerühmt; nach meiner eigenen Erfahrung, die sich freilich auf Stromstärken von nicht mehr als ca. 15 MA stützt, anscheinend mit Recht. Ähnlich ist das Verfahren und der Erfolg bei Neuralgien anderer Gebiete (Ischias, Brachial-, Interkostalneuralgie). — Die Dichtigkeit der Ströme ist übrigens, wie leicht zu berechnen, bei dieser Art der Applikation nicht wesentlich größer als bei der älteren Methode.

Fig. 30.



Die wichtigsten Druckpunkte (sensiblen Punkte) bei Neuralgien.

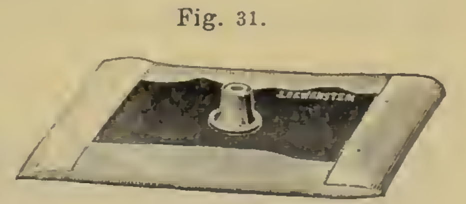
Lokale Krämpfe.

Bei lokalen Krämpfen, z. B. beim Fazialiskrampf, verfährt man in ganz analoger Weise wie bei den Neuralgien; außerdem kann man hier, ohne den Strom auszuschalten, bei geringen Stärkegraden mit der kleinen Elektrode leichte streichende Bewegungen über das krampfende Gebiet hin ausführen, wobei man die Elektrode nicht von der Haut entfernt: labile Anode. — Für solche Krämpfe ist notabene auch die sogenannte Sympathikusgalvanisation (s. unten S. 139) oder die „anschwellenden" faradischen Ströme (s. S. 124) empfohlen worden.

Immer muß man während der Dauer dieser labilen Behandlung das Galvanometer genau beobachten und eine Hand an der Rheostatenkurbel haben. Denn während der Einwirkung des Stromes sinkt nicht nur der Leitungswiderstand des Körpers, wie oben ausgeführt, und steigt demgemäß die Stromstärke, sondern es würden auch bei dem verschieden großen LW der von der gleitenden Elektrode passierten Hautstellen (s. 6. Kapitel) ohne dauernde exakte Stromregulierung unangenehme Dichtigkeitsschwankungen unvermeidlich sein.

Damit man die eigenen Hände frei behält, sollte man, wenn irgend möglich, die Elektroden am Körper des Patienten fixieren: die Kathode z. B. im Rockkragen als Nackenelektrode oder am Kreuzbein, während die differente Anode vom Patienten selbst gehalten werden kann; oder der Patient hält eine große Platte (Fig. 31) am Sternum, die andere Elektrode an der schmerzenden Stelle. Man achte aber darauf, daß der Patient nicht während der Sitzung, z. B. beim Eintreten starken Brennens, die Elektrode entfernt, und gebe ihm auf, den Eintritt stärkeren Brennens sofort zu melden, aber die Elektrode festzuhalten. Man gebe auch dem Patienten niemals eine Unterbrecherelektrode in die Hand (s. S. 114).

Fig. 31.



2. Absteigenden galvanischen Strömen wird ebenfalls eine antineuralgische („katalytische", s. S. 109 Fußnote) Wirkung zugeschrieben. Man bedient sich ihrer mit Vorteil bei Reizzuständen solcher Nervenstämme, die in größerer Ausdehnung der Behandlung zugänglich, unweit der Hautoberfläche verlaufen, z. B. bei Neuralgien des Plexus brachialis, der Nervi intercostales, bei der Ischias usw. — Man wählt dann zwei Elektroden von gleichem Querschnitt, ca. 15—30 qcm, und setzt sie (gut durchfeuchtet) entfernt voneinander, beide über den Verlauf des Nerven auf, die Anode zentral-, die Kathode peripherwärts: beim Ischiadikus z. B. sitzt die Anode in der Mitte der unteren Glutaealfurche, die Kathode dicht über der Kniekehle an der Teilungsstelle des Nerven; beim Plexus brachialis die Anode in der Fossa supraclavicularis, die Kathode im Sulcus bicipitalis internus usw. — Die Stromstärke wird nach denselben Prinzipien gewählt, die oben bei a) besprochen wurden. Auch von der Art der Ein- und Ausleitung und von der Dauer der Sitzung gilt dasselbe. Neuerdings neigt man dazu,

Ischias.

auch für dieses Verfahren große Stromstärken und lange Sitzungen (bis zu einer Stunde) zu verwenden. Vgl. S. 117.

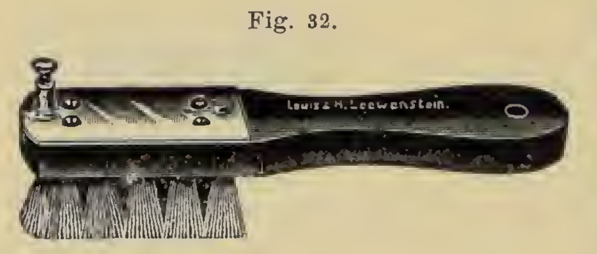
Bei der Behandlung der *Ischiadikusneuralgie* kann man ev. stationenweise galvanisieren: z. B. 1. Station: von der Austrittsstelle der unteren NN. lumbales (etwas oberhalb der Crista iliaca, etwa 4 Fingerbreiten lateral von der Linie der Dornfortsätze, s. auf Fig. 20 die obersten Ischiaspunkte) bis zu der oben bezeichneten Stelle unter dem Gesäß; 2. Station: von letzterer Stelle bis zur Kniekehle; 3. Station: von der Kniekehle bis zur Retromalleolargegend. — Zwischen jeder dieser Stationen wird der Strom langsam schleichend ausgeschaltet. Der Patient kann dabei sitzen, indem er sich auf die Gesäßhälfte der nicht behandelten Seite setzt, während die andere frei den Stuhlrand überragt.

3. In veralteten Fällen von Neuralgien, z. B. in alten Fällen von Ischias, kann man sich der sogenannten *Voltaschen Alternativen* bedienen, d. h. man setzt die Elektroden in der sub 2. benannten Weise auf und macht dann bei festsitzenden Elektroden, indem man die Kurbel des Stromwenders faßt, rasche, häufige Stromwendungen. Dadurch wird ein starker Reiz ausgeübt, der auf den langsamen, „torpiden" Heilverlauf günstig einwirken soll.

Parästhesien.

4. Den faradischen Strom kann man bei Neuralgien — nach manchen Autoren auch bei lokalen Krämpfen — mittels der faradischen *Bürste* (Fig. 32) anwenden, indem man über der schmerzenden Stelle durch Streichungen oder besser durch *Klopfungen* mit dieser bürstenförmigen (oder einer pinselförmigen) Elektrode bei nicht zu schwachen faradischen Strömen eine Hautrötung zu erzielen sucht. Man kann annehmen, daß ein solches Verfahren „ableitend" wirkt. Verletzungen der Haut durch die Bürste vermeidet man, wenn man nicht streicht, sondern nur klopft. Besonders eignet sich die Bürstenbehandlung zur Bekämpfung von *Parästhesien* (und Anästhesien), z. B. auch der *Meralgia paraesthetica* (Bernhardt-Rothschen Krankheit), bei der übrigens auch die lokale Anodenbehandlung versucht werden kann. — (Über Akroparästhesien s. weiter unten S. 142).

Fig. 32.



Auch die sog. *faradische Moxe*, die darin besteht, daß man eine Bürste oder sonstige trockene Elektrode stabil auf die Schmerzpunkte stetzt und einen Induktionsstrom von allmählich zunehmender Stärke („*anschwellenden Strom*", s. S. 124) einführt, hat günstige Wirkung. Bei Trigeminusneuralgien ist sie jedoch nicht zu empfehlen.

5. *Lokale elektrische Bäder* (Näheres s. bei „Gelenkkrankheiten") werden in der Weise angewendet, daß man bei Extremitäten-Neuralgie (Ischias, Brachialneuralgie) die kranke Extremität für 20 bis 40 Minuten in ein galvanisches Anodenbad bringt — große indifferente Kathodenplatte von 100—600 qcm bei Ischias auf der Lumbalgegend,

bei Brachialneuralgie im Nacken — unter Strömen von 40—100 MA. Auch galvanische monopolare Vollbäder (s. unten S. 133) werden empfohlen. Über Iontophorese, die ebenfalls gegen Neuralgien Verwendung findet, vgl. S. 146.

Neuritiden.

Bei neuralgischen Schmerzen, die einer organischen Ursache ihr Dasein verdanken, z. B. bei Neuritiden, können dieselben Methoden gebraucht werden. Man behandelt also die Nervenstämme mit der galvanischen Anode oder mit absteigenden galvanischen Strömen, während man die gelähmte oder atrophische Muskulatur in der im folgenden Abschnitte zu beschreibenden Weise durch Faradisation, Galvanisation oder Galvanofaradisation zur Kontraktion reizt. Akute Fälle von Neuritiden eignen sich nicht zur elektrischen Behandlung, während sie bei den übrigen Fällen allgemein anerkannte, günstige Resultate liefert. Neuerdings behandeln indessen einzelne Autoren auch im akuten Stadium, und zwar vorwiegend mit lokalen oder allgemeinen elektrischen Bädern (s. S. 145 u. S. 132 ff.).

6. Den kombinierten galvanischen und faradischen Strom (siehe Näheres S. 123) kann man (nach Cluzet) in der Weise zur Neuralgiebehandlung benützen, daß man die beiden Stromarten in einander entgegengesetzter Richtung durch den Körper leitet, eine Schaltungsart, die an unseren Apparaten nicht vorgesehen ist. Die Technik dieser Applikation schließt sich im übrigen eng an die der Bergoniéschen Galvanisation an (vgl. S. 117).

Weiteres über die Neuralgiebehandlung siehe in den Kapiteln über Franklinisation, Arsonvalisation, sinusoidale Ströme, Leducsche Ströme und elektromagnetische Behandlung.

Die Lähmungen der peripherischen Nerven.

Peripherische Lähmungen.

1. Wenn der Ort der Läsion der Behandlung direkt zugänglich ist, also z. B. bei Quetschlähmungen des N. radialis, setzt man auf diese Stelle, also auf die Umschlagstelle des Radialis am Oberarm, eine galvanische Kathode stabil auf und leitet einen nicht zu schwachen Strom, etwa 4—8 MA. durch den Nerven. Der Querschnitt der Elektrode sei ca. 20—30 qcm. Die andere Elektrode sitzt als indifferente an den üblichen Stellen und hat einen entsprechend großen Querschnitt, also ca. 100 qcm oder mehr. Die Dauer der Sitzung beträgt ca. 10 Minuten. Während dieser Zeit läßt man zweckmäßigerweise den Patienten aktive Bewegungsversuche ausführen, denen man eventuell etwas nachhilft. Ähnlich kann man auch bei anderen Lähmungen, z. B. am Fazialis oder Plexus brachialis, verfahren.

Radialislähmung.

2. Die von der Lähmung betroffenen Muskeln kann man mit dem faradischen Strom einzeln zur Kontraktion bringen — lokale Muskelfaradisation mit wandernder Elektrode —, wenn die Reaktion derselben auf den faradischen Strom nicht erloschen ist. Zu diesem Zwecke bedient man sich derselben Anordnung, wie sie bei elektrischen Untersuchungen gebraucht wird, und macht mittels

der Unterbrecherelektrode über jedem Muskel des erkrankten Gebiets mehrere Schließungen bei mittelstarken Strömen: die Zuckungen sollen deutlich sichtbar werden, nicht minimal sein. Man kann auch ohne indifferente Elektrode mit zwei gleich großen Elektroden (5—10 qcm Querschnitt, darunter eine Unterbrecherelektrode) die Reizung in der Weise vornehmen, daß man beide in gewisser Entfernung voneinander auf den Verlauf jedes Muskels aufsetzt und dort mehrere Schließungen macht. Daß durch solche Reizung auf die Ernährung und die Ansprechsfähigkeit (s. S. 109) gelähmter und atrophischer Muskeln eine günstige Wirkung erfolgt, ist als sicher anzunehmen*).

Kontraindiziert ist die Methode 1. bei Bestehen von Spasmen in den betreffenden Muskeln, wo sie geradezu schädlich wirken kann; 2. bei faradischer Unerregbarkeit, wo sie zwecklos ist.

3. Die Galvanisation der einzelnen Muskeln mit der Kathode wird in analoger Weise wie bei 2. besonders in den Fällen von Lähmung angewendet, in denen die faradische Erregbarkeit erloschen ist, ist aber natürlich auch für die übrigen Fälle verwendbar. Die Stromstärke ist dabei mittelgroß, d. h. so groß, daß Zuckungen deutlich sichtbar sind; gewöhnlich ist das etwa bei 1—5 MA der Fall.

Man kann auch mit Vorteil in folgender Weise verfahren: Man setzt eine Anode aufs Sternum oder auf einen proximal gelegenen Teil des Nervenstamms (z. B. bei Radialislähmung über die Umschlagstelle am Oberarm), eine Kathode als Reizelektrode auf einen Punkt des erkrankten Gebiets**), leitet einen Strom ein, bei dem man Schließungszuckungen grade noch deutlich sieht, und läßt nun bei dieser Stromstärke die geschlossene Elektrode, ohne sie von der Haut zu entfernen, über die ganze erkrankte Region mehrere Minuten lang hin- und hergleiten. Diese labile Kathodengalvanisation hat den Vorteil, daß man alle groben Stromschwankungen vermeiden kann, besonders wenn man auch nach Schluß der Behandlung vorsichtig den Strom ausschleichen läßt, bevor man die Elektroden entfernt. Darum eignet sich diese Methode ganz besonders zur Behandlung der Lähmungen am Kopfe und Halse, also namentlich der Fazialislähmungen, bei denen alle — durch Öffnen und Schließen des Unterbrechers usw. erzeugten —

Fazialislähmung.

*) Um die lokalisierte „elektrische Gymnastik" der Muskeln so zu modifizieren, daß die künstlich erzeugten Kontraktionen in ihrer Kurve den willkürlichen Muskelzuckungen mehr gleichkommen, als dies bei der gewöhnlichen faradischen Reizung der Fall ist, hat Laquerrière (und ähnlich andere Autoren) einen Induktionsapparat konstruiert, bei dem durch automatische Verschiebung der sekundären über die primäre Rolle ein allmähliches Anschwellen und Abschwellen des Stromes während jeder Einzelreizung und damit eine Nachahmung der Willensaktions-Kurve erzielt werden kann. Schnelligkeit des An- und Abschwellens, Stromstärke und Dauer der kontraktionsfreien Intervalle sind regulierbar. — Auf ähnlichem Prinzip beruht Wilhelm Beckers „Myomotor", ein fahrbarer Anschlußapparat ähnlich den Multostaten oder dgl. (Fig. 49), der überdies außer faradischen Strömen auch galvanische, sinusoidale, pulsierende und Leduc'sche liefert (s. 9. Kapitel).

**) Auch bei Umkehr des Zuckungsgesetzes und „Überwiegen der Anodenzuckungen" wird zur Behandlung der Lähmungen von den meisten Elektrotherapeuten die Kathode gewählt.

Stromschwankungen absolut zu vermeiden sind. Stromstärke am Gesicht und Hals nicht über ca. 3 MA. Auch während dieser labilen Behandlung empfehlen sich die sub 1 genannten aktiven Bewegungsversuche.

Neuritische Lähmungen.

4. In Fällen starker Atrophie, namentlich z. B. bei Neuritiden (Bleilähmung, postdiphtherischer Lähmung oder multiplen Neuritiden aller Art) nach dem akuten Stadium sowie bei Lähmungen mit verschiedenem nutritiven Verhalten der einzelnen Muskeln des erkrankten Gebiets (S. 84ff.) kann man auch den sogen. „kombinierten Strom“ in Form der labilen Galvano-Faradisation der einzelnen Muskeln vornehmen. Das geschieht in folgender Weise: An jedem größeren Apparat befindet sich am Stromwechsler (s. S. 16ff.) außer den zwei Kontakten (C und S in Fig. 5), mit deren Hilfe man von demselben Polklemmenpaar bald den faradischen Strom, bald den galvanischen ableiten kann, ein dritter Kontakt (CS in Fig. 5 S. 5). Wenn man die Wechslerkurbel auf diesen Kontakt stellt, kann man durch die zwei Polklemmen beide Stromarten gleichzeitig leiten: man setzt dann (bei indifferenter Anode) eine Reizkathode auf einen der zu behandelnden Muskeln, schaltet eine beliebige Anzahl Elemente ein und dreht die Rheostatenkurbel so lange vom Nullpunkt aus vorwärts, bis man bei Schließung eine kräftige galvanische Kontraktion erfolgen sieht. Alsdann setzt man auch den faradischen Strom in Tätigkeit und schiebt die sekundäre Rolle so weit vor, bis man eine sichtbare faradische (tetanische) Zuckung erhält. Bei dieser Stärke des kombinierten Stromes läßt man die geschlossene Elektrode einige Minuten lang über das ganze erkrankte Gebiet hingleiten; die Reizwirkung auf die Muskeln ist bei diesem Verfahren sehr stark. — Besitzt man keinen Stromwechsler, sondern etwa zwei getrennte transportable Apparate für galvanischen und faradischen Strom, so braucht man nur die beiden Apparate nebeneinander zu stellen, an jedem von ihnen eine Leitungsschnur anzubringen und die beiden freien Polklemmen beider Apparate durch ein Stückchen Draht oder eine Leitungsschnur (Näheres s. 9. Kapitel, S. 166) zu verbinden. Dann verfährt man in gleicher Weise, wie oben beschrieben.

An Stellen, an denen jede Erregbarkeit, auch die galvanische, erloschen ist, sind alle elektrotherapeutischen Methoden zwecklos. Ebenso ersetzt man, wenn in einem gelähmten Gebiete sekundäre Kontrakturen auftreten, z. B. bei Fazialislähmungen, am besten die elektrische Behandlung durch eine andere (Massage usw.), oder man bedient sich höchstens der labilen Anode (s. oben) im Bereiche der kontrakturierten Muskeln unter den oben angegebenen Kautelen. (Vgl. dazu S. 125 Fußnote.) Der Beginn der elektrischen Behandlung bei peripherischen Lähmungen fällt mit dem Beginn der Lähmung zusammen: die ersten Tage ungenützt verstreichen zu lassen, ist zwecklos. Ausnahmen s. oben S. 121 bei Neuritis.

Weiteres über Behandlung von Lähmungen und Atrophie s. in den Kapiteln Franklinisation und Leducsche Ströme.

b) Die Erkrankungen der Muskeln.

1. Bei Lähmungen muskulären Ursprungs ist die Behandlung ganz nach denselben Prinzipien auszuführen, wie sie im vorigen Abschnitt genannt wurden. Es handelt sich — abgesehen von den Reflex- und Inaktivitätsatrophien (S. 67) — hauptsächlich um die progressiven Muskeldystrophien. Da bei ihnen ein völliges Erlöschen der faradischen Erregbarkeit gar nicht oder erst sehr spät einzutreten pflegt, kann man außer der labilen Ka-Galvanisation der einzelnen Muskeln in den meisten Fällen auch die lokale Faradisation resp. die Galvanofaradisation (mit dem kombinierten Strom) vornehmen (s. S. 123).

Dystrophien.

2. Lokale akute oder subakute, vorwiegend rheumatische Muskelentzündungen (Myositiden), wie sie z. B. im Kukullaris, Sternokleidomastoideus (rheumatisches Caput obstipum), der Rückenmuskulatur (Lumbago) usw. häufig vorkommen, behandelt man entweder

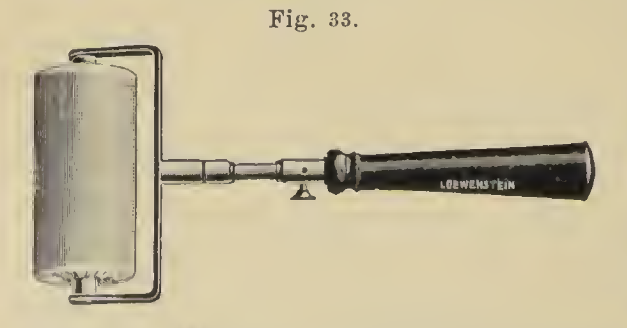
Myositiden.

α) mit der lokalen galvanischen Anode wie die Neuralgien (s. S. 116);

β) mit den sog. anschwellenden Strömen (Frommhold): eine kleine Reizelektrode, am besten unüberzogen und trocken, z. B. ein Metallknopf oder eine Bürste, wird auf die Stelle der Schmerzhaftigkeit resp. der Anschwellung fest aufgesetzt, zunächst ein schwacher faradischer Strom eingeleitet und dieser Strom durch allmähliches Vorschieben der sekundären Rolle nach und nach verstärkt. Wenn man nach jeder geringen Verstärkung eine Pause von etwa $^1/_2$—1 Minute macht und den Faradisationsschmerz abklingen läßt, was gewöhnlich bald gelingt, kann man es durch dieses Anschwellenlassen nach ungefähr 10—15 Minuten bis zu Stromstärkegraden bringen, die recht beträchtlich sind. Dann läßt man den Strom wieder vorsichtig abschwellen, und diese Prozedur wiederholt man ev. mehrmals. In geeigneten Fällen wird oft durch eine einzige derartige Sitzung Schmerzhaftigkeit und Kontraktur wesentlich verringert.

γ) Man kann auch mittels einer rollenförmigen Elektrode (Fig. 33) mit faradischen Strömen mittlerer Stärke (s. S. 127, Anm.) über den schmerzhaften Teilen mehrere Minuten lang eine Art elektrischer Massage (Druck-Effleurage) ausführen. Diese Rollen werden (nach Goldscheider) auch hohl konstruiert und dienen dann gleichzeitig als Thermophore, so daß damit eine Kombination von Elektro-, Mechano- und Thermotherapie erreicht wird, deren Nutzen für die Behandlung muskulärer Entzündungen gewiß einleuchtet. Zanietowski empfiehlt neuerdings besonders die Elektromassage mit Schnées „Elasto“-Stempeln, die in ihrer verschiedenen Größe sich den verschiedenen Körperstellen anpassen und sowohl mit faradischen, als mit galvanischen Strömen (beruhigende Anodenmassage) angewendet werden können. — Auch der faradischen Bürstung oder

Fig. 33.



Pinselung kann man sich, um eine „ableitende“ Wirkung zu erzielen, bedienen.

3. Dieselben Methoden, namentlich die unter γ genannten, werden bei ausgedehnteren, sog. rheumatischen Muskelaffektionen angewendet. Bei diesen sind auch elektrische Bäder (s. weiter unten, S. 132ff. u. 145) zu empfehlen. — Ferner kann man in diesen Fällen eine manuelle elektrische Massage (elektrische Hand) in folgender Weise ausführen: der Arzt befestigt eine Nackenelektrode in seinem Rockkragen, die andere Elektrode hält der Patient am Sternum, am Nacken oder am Kreuz; alsdann wird ein schwacher faradischer (oder auch galvanischer) Strom eingeschaltet und mit leicht befeuchteten eingefetteten Händen in der gewöhnlichen Weise massiert. Stärkere Ströme sind dabei zu vermeiden: abgesehen von ihrer Schmerzhaftigkeit bringen sie beim Masseur und beim Massierten störende Muskelkontraktionen hervor. — (Vgl. auch die Kapitel Franklinisation, Arsonvalisation und sinusoidale Bäder.)

Rheumatische Affektionen.

4. Muskelcrampi (z. B. an den Waden) können mit der labilen galvanischen Anode (s. oben S. 119) behandelt werden. Abzuraten ist von faradischer Behandlung, weil sie zu Muskelkontraktionen Veranlassung gibt*). Ebenso sollte man, wenn man myotonische Zustände (Myotonia congenita oder acquisita) elektrisch behandeln will, höchstens labile Anodenbehandlung, jedenfalls nicht den faradischen Strom in Anwendung bringen. — Besonders zu warnen ist vor der Muskelfaradisation bei der „pseudoparalytischen Myasthenie“ (einer sehr seltenen Affektion) wegen der dabei bestehenden leichten Ermüdbarkeit für elektrische Reize (myasthenische Reaktion, s. S. 91). Dagegen soll bei den wohl noch selteren Fällen von Myatonia congenita leichte lokale Muskelfaradisation oder -galvanisation sich als nutzbringend erwiesen haben.

Crampi.

Myotonie.

Myasthenie.

Myatonie.

c) Die Erkrankungen des Rückenmarks.

1. Lokale Galvanisation des Rückenmarks: sie kann mit feststehenden Elektroden (stabile Galvanisation) oder mit einer feststehenden und einer gleitenden (labile Galvanisation) ausgeführt werden:

α) stabile longitudinale Galvanisation mit ab- und aufsteigenden Strömen: Zwei gleich große, plattenförmige, gut durchfeuchtete Elektroden von ca. 50 qcm Q sitzen über den beiden Enden der Medulla spinalis, die Anode an der Halswirbelsäule, die Kathode an der Lendenwirbelsäule. Es wird dann ein Strom von ca. 3—8 MA eingeleitet, der etwa 8—10 Minuten einwirkt. Manche Therapeuten (Lewandowski u. a.) ziehen aufsteigende Ströme, also die um-

*) Meine erfahrungsgemäß begründete Abneigung gegen Faradisation bei allen motorischen Reizzuständen (Crampi, Spasmen, Kontrakturen) wird nicht von allen Autoren geteilt. Frommhold, Erb, Benedikt, v. Strümpell, v. Luzenberger u. a. empfehlen vielmehr gegen diese Zustände auch die Faradisation, und zwar in Form der anschwellenden Ströme (s. oben) oder der Hautbürstung.

gekehrte Stromrichtung, vor, auch werden vielfach stärkere Ströme (10—15 MA) und größere Elektroden (100 qcm Q) bevorzugt. Es ist als sicher anzusehen, daß bei diesen Methoden Stromschleifen die Medulla spinalis treffen, und es wird vermutet, daß sie dort einen günstigen Einfluß auf Zirkulation, Ernährung, Stoffwechsel ausüben.

Tabes.

Besonders für die Behandlung der Tabes dorsalis ist das Verfahren zu empfehlen, es kann aber auch bei den übrigen Strang- und Querschnittserkrankungen angewendet werden. — Kontraindikationen gegen das Verfahren sind akute Prozesse, z. B. akute Myelitiden, frische Hämatomyelien usw. — Bei älteren Herderkrankungen, z. B. abgelaufenen Poliomyelitiden, bietet es keine Vorteile; hier ist das symptomatische Verfahren (s. unten) vorzuziehen. Der Versuch einer direkten Beeinflussung von Herden im Rückenmark dadurch, daß man zwei kleine Elektroden zu beiden Seiten der Erkrankungsstelle aufsetzt, ist im allgemeinen nicht empfehlenswert. Geradezu zu verwerfen ist er bei akuten oder bakteriellen (eitrigen oder tuberkulösen) Prozessen; zu widerraten auch bei Tumoren. Bei Anwendung dieses Verfahrens ist übrigens darauf zu achten, daß die beiden Elektroden sich nicht berühren.

β) labile Galvanisation mit der Ka: eine große Anode sitzt am Kreuzbein oder im Nacken, eine Ka von ca. 30 qcm Q streicht, gut durchfeuchtet, mehrere Minuten lang über die Wirbelsäule auf und nieder. Über Stromstärke, Indikationen und Kontraindikationen gilt dasselbe wie bei α. — Man tut gut, während des Streichens die Galvanometernadel scharf zu beobachten und mit einer Hand an der Rheostatenkurbel die Stromstärke zu regulieren, weil gewöhnlich an den verschiedenen Teilen des Rückens der Hautwiderstand sehr verschieden ist und dadurch große Schwankungen der Stromintensität eintreten können. — Bei Bestreichung der Dorsalmarkgegend tritt oft reflektorischer Husten ein (überhaupt bei etwas stärkerer Galvanisation an Brust und Rücken).

γ) Querdurchströmung der Wirbelsäule: eine Anode von ca. 50—100 qcm sitzt am Sternum, eine gleichgroße Kathode an der Wirbelsäule. Bei Herderkrankungen bleibt die Ka stabil, bei Strangerkrankungen (Tabes usw.) wird sie labil über die Wirbelsäule auf und ab geführt. Auch hier ist die Stromstärke wie bei β vorsichtig zu regulieren.

2. Sympathikus-Galvanisation (s. unten bei „Chorea") wird von Erb u. a. Autoren auch gegen spinale Leiden aller Art empfohlen (Ka am Sympathikus, An labil an der Wirbelsäule). Der Nutzen ist höchst fraglich.

3. Für die symptomatische Behandlung der spinalen Krankheiten gelten die Regeln, die teils bereits erwähnt, teils später zu erwähnen sind, also

Spinale Lähmungen.

α) bei Lähmungen, z. B. den poliomyelitischen oder myelitischen ist die Behandlung die S. 121 ff. beschriebene. — Besonders ist darauf zu achten, daß bei Bestehen von Spasmen jede

lokale Faradisation der spastischen Muskulatur unterbleibt (s. übrigens die Fußnote zu S. 125). Am besten ist es in solchen Fällen, also bei allen mit Spasmen einhergehenden Spinalkrankheiten (Myelitiden, multiple Sklerose usw.) von jeder örtlichen Elektrotherapie der spastischen Gliedmaßen, also meistens der unteren Extremitäten, abzusehen und nur eine Behandlung der Medulla spinalis mit einer der sub 1 genannten Methoden auszuführen. Will man jedoch symptomatisch verfahren, so sind dazu relativ am geeignetsten die lokalen oder allgemeinen galvanischen Bäder (s. unten S. 145 u. 132 ff.). Freilich ermüden auch diese die Kranken oft. — Ferner käme in Betracht labile galvanische Anodenbehandlung (s. oben S. 119) mit Strömen, die keine Kontraktion auslösen; eventuell endlich — aber mit größter Vorsicht — die im nächsten Absatz für die Behandlung zerebraler Lähmungen zu beschreibende Faradisation oder Kathodengalvanisation der nicht (oder weniger) kontrakturierten Muskeln, — also am Bein: der Peroneus- und Unterschenkelbeugergruppe.

Auch gegen die schlaffen Paralysen, besonders z. B. gegen spinale Kinderlähmungen, werden galvanische oder faradische Bäder mit Vorteil angewendet. Im übrigen nimmt man, wie gesagt, bei schlaffen Lähmungen Galvanisation mit der Ka oder Galvano-Faradisation (ev. auch Faradisation) vor. Das neuerdings vorgeschlagene Verfahren der intraspinalen Reizung mit Hilfe einer Troikartelektrode — natürlich nach Lumbalpunktion — dürfte wohl nicht viele Liebhaber finden.

In letzter Zeit raten französische Autoren (Albert-Weil u. a.) bei der akuten Poliomyelitis sofort nach Ablauf der fieberhaften Periode oder selbst schon während derselben mit der Behandlung zu beginnen, und zwar zunächst nur mit stabiler Galvanisatio dorsi (s. oben) oder lokalen galvanischen Kathodenbädern (S. 145) der gelähmten Extremität; dabei große An an der Wirbelsäule, 10 MA, 15 bis 20 Minuten. Später, ca. 3 Wochen nach Beginn des Leidens, folgen bei im übrigen gleicher Applikation einzelne Stromunterbrechungen, wiederum einige Tage später lokale Muskelelektrisation oder labile Kathode (S. 121 ff.). Die Resultate sollen bei kurzen Sitzungen, vorsichtigen Reizungen und häufigen — anfangs zweimal täglichen — Wiederholungen gut sein.

β) Schmerzen und Parästhesien werden entweder — wenn sie lokal begrenzt sind — mit der lokalen An (s. S. 116) bekämpft oder — bei größerer Ausdehnung, z. B. den lanzinierenden Schmerzen oder Rückenschmerzen der Tabiker — mit der faradischen Bürste bei mittleren Stromstärken an den Beinen und am Rücken (5—10 Minuten lang). Der Rückenfaradisation wird übrigens auch eine direkte Einwirkung auf den eigentlichen spinalen Krankheitsprozeß bei Tabes nachgerühmt. So würde sie neben der symptomatischen auch eine kausale Indikation erfüllen.

Anm. Mittlere faradische Stromstärken sind solche, bei denen sichtbare Hautrötung bzw. sichtbare, aber nicht schmerzhafte Muskelzuckungen unter der streichenden Elektrode eintreten.

Gegen Hypästhesien ist ebenfalls faradische Bürstung, und zwar mit etwas stärkeren Strömen, zu empfehlen. Auch kühle oder lauwarme (nicht warme!) faradische Bäder, eventuell unter Zusatz von Kohlensäure (Determann) tun mitunter gute Dienste. Lokale Arsonvalisation wirkt bei tabischen Schmerzen anscheinend oft recht günstig, dagegen ist der Nutzen der Elektromagnetbehandlung mindestens sehr problematisch.

γ) Über die Behandlung von Blasenbeschwerden, sexuellen Beschwerden, vasomotorischen Störungen, Magenkrisen usw. s. S. 144, 151, 138, 142 u. 148.

d) Erkrankungen des Gehirns.

1. Die lokale Kopfgalvanisation ist sowohl für die zerebralen Herderkrankungen (Blutungen, Erweichungen, Entzündungen, Tumoren) als für die ausgedehnteren Erkrankungen des Gehirns und seiner Häute (Arteriosklerose der Hirnarterien, Meningitiden usw.), selbst gegen Paralysis progressiva und Psychosen aller Art empfohlen worden. Es soll ein galvanischer Strom entweder von der Stirn zum Nacken oder von beiden Schläfengegenden her durch das Schädelinnere geleitet werden. Man wählt dazu große, annähernd gleich große Platten von ca. 50—100 qcm Q, an der Stirn die An, am Nacken (z. B. in Form der Nackenelektrode, s. S. 54, Fig. 25) die Ka, und leitet einschleichend einen Strom von $^1/_2$ bis höchstens 3 MA vorsichtig ein und nach ungefähr 5 Minuten vorsichtig wieder aus (Längsgalvanisation). Gärtner, Aub u. a. haben dafür selbstsitzende fixierbare Stirnelektroden konstruiert. Oder man setzt die Elektroden an den Schläfen auf und galvanisiert in derselben Weise, wobei man den + Pol erst an die eine Seite bringt, und dann — nach vorherigem, vorsichtigem Ausschleichen — die Stromrichtung wechselt (Quergalvanisation).

Kopfgalvanisation.

Es ist als sicher zu betrachten, daß bei diesem Verfahren Stromschleifen das Gehirn treffen, wie sich schon aus den selbst bei vorsichtigem Ein- und Ausleiten oft unvermeidlichen Begleiterscheinungen (Flimmern, Schwindel usw.) ergibt. Mittels der Leducschen Modifikation des galvanischen Stroms (s. im 12. Kapitel) soll man sogar einzelne umschriebene Gehirnbezirke durch den unverletzten Schädel reizen und von dort entsprechende motorische Reaktionen erhalten können. Welche Wirkung der Strom aber im Einzelfalle auf den vorliegenden Krankheitsvorgang ausübt, läßt sich nicht berechnen; sie könnte ebenso leicht schädlich wie nützlich sein, und es ist deshalb im allgemeinen rätlich, diese heikle Methode bei zerebralen Prozessen, besonders bei Herderkrankungen infolge von Gefäßalteration und auch bei Gefäßalterationen ohne vorliegende Herdsymptome entweder gar nicht oder jedenfalls mit größter Vorsicht zu benutzen*). Besonders darf man sich

*) Diese Ansicht vertreten auch auf Grund experimenteller und klinischer Studien sehr energisch François-Franck und Mendelssohn. Sie halten

in diesen Fällen nicht dadurch, daß die Patienten angeben, „nichts vom Strome zu fühlen", zur Verwendung größerer Stromintensitäten oder gar zur Ausführung von Stromschwankungen verleiten lassen. — Gänzlich kontraindiziert ist das Verfahren bei allen akuten Prozessen (z. B. frischen Blutungen) und allen eitrigen resp. fieberhaften Erkrankungen. — Daß dieselbe Kopfgalvanisation bei funktionellen Leiden gute Resultate liefert und sehr empfehlenswert ist, ist weiter unten zu erwähnen. — Auch bei leichten funktionellen Psychosen kann man das Verfahren versuchen.

Zerebrale Hemiplegien.

2. Die symptomatische Behandlung der zerebralen Lähmungen schließt sich an das an, was in den vorigen Abschnitten über die Behandlung der Lähmungen gesagt wurde. Da bei diesen Lähmungen die faradische Erregbarkeit fast immer erhalten ist, kann man mit Vorteil die lokale Faradisation (s. S. 121) der gelähmten Muskeln, soweit dieselben sich nicht in Kontraktur befinden, vornehmen, also z. B. an der hemiplegisch gelähmten oberen Extremität, wenn sie in Beugekontraktur steht, die lokale Faradisation der Streckmuskeln; an der unteren, wenn sie sich z. B. in Streckkontraktur befindet, die Faradisation der Beinverkürzer (Unterschenkelbeuger und Dorsalflexoren des Fußes, — Prädilektionsmuskeln nach Wernicke und L. Mann). Auf diese Weise kann man 1. das unangenehme Kontraktionsgefühl zeitweilig beseitigen, 2. durch Erregung von Zuckungen in den gelähmten Muskeln deren Ernährungszustand bessern sowie deren Erregbarkeit und damit Reaktionsfähigkeit gegen noch vorhandene schwache Innervationsimpulse steigern oder im Sinne Goldscheiders durch das Kontraktionsgefühl mittels Übertragung von Neuron zu Neuron „bahnend" wirken (s. S. 110). Wernicke vermutet, daß dadurch Bewegungsvorstellungen in der Hirnrinde ausgelöst werden, welche die Lähmung direkt im Sinne der Heilung beeinflussen. — Auch bei ganz frischen zerebralen Lähmungen empfiehlt es sich, prophylaktisch die elektive Faradisation derjenigen Muskeln vorzunehmen, in denen erfahrungsgemäß die stärkste Parese und die schwächste Kontraktur sich zu entwickeln pflegen. Man beginne mit dieser Prozedur, sobald die Insulterscheinungen abgeklungen sind, und warte nicht erst die üblichen vier Wochen, während deren sich die Kontraktur in der Regel bereits gebildet hat. Wenn man so früh beginnt und dann mehrere Wochen hindurch täglich faradisiert, kann man hoffen, die Kontrakturbildung zu verhindern. Nicht nur Munks analoge Versuche mit gymnastischen Bewegungen an hemiplegischen Affen sprechen dafür, sondern auch klinische Erfahrungen.

Zur Unterstützung dieser Therapie ist die labile galvanische Kathodenbehandlung, zur Verstärkung die Galvanofaradisation mit

---

die Kopfgalvanisation bei allen organischen Hirnleiden und bei Epilepsie geradezu für kontraindiziert und nur zur Neurosenbehandlung für zulässig. — Dagegen wollen Leduc u. a. Hemiplegien, Aphasie, Augenmuskellähmungen usw. mit sehr starken Strömen (10—40 MA, allmählich steigend, 10 bis 20 Minuten lang) günstig beeinflußt haben.

dem kombinierten Strom zweckmäßig, wobei aber immer die kontrakturierten Muskeln zu schonen oder höchstens mit der galvanischen Anode bei schwachen (d. h. nicht zu Zuckung führenden) Strömen zu bestreichen sind. Auch Vierzellenbäder (s. S. 134 ff.) und Galvanisatio dorsi werden gegen die Kontrakturen empfohlen. Vgl. ferner die Fußnote zu S. 125.

3. Gegen Kopfschmerzen und Schwindel kann man — mit den oben genannten Einschränkungen — vorsichtig die Kopfgalvanisation (s. unter 1) versuchen. Auch die „faradische oder galvanische Hand" (s. S. 137) oder die Franklinsche Kopfplatte (s. Kap. Franklinisation) bringt man gelegentlich zur Anwendung. Gräupner hat zur hydroelektrischen Behandlung des Kopfschmerzes (s. über lokale elektrische Bäder S. 145) eine besondere Kopfbadewanne konstruiert. — Die Therapie zerebral bedingter Parästhesien, Schmerzen usw. geschieht nach den mehrfach auseinandergesetzten Prinzipien. Kopfgalvanisation kann mit Vorsicht auch gegen arteriosklerotischen Schwindel gebraucht werden. Andere empfehlen gegen Schwindel ableitende Faradisation entfernter Körperpartien, insbesondere der Fußsohlen und des Nackens.

Gegen Ohrensausen wird doppelseitige Ohrgalvanisation (zwei gleichgroße Elektroden, die Anode auf das kranke Ohr, stabil, vorsichtig, 2—5 MA) angewendet. Näheres s. unter „Erkrankungen der Sinnesorgane".

4. Viele Autoren treten für die galvanische Behandlung der Augenmuskellähmungen ein: es wird entweder zur Galvanisation, und zwar sowohl zur Längsgalvanisation (große Anode im Nacken, kleine gut durchfeuchtete oder mit feuchter Watte gepolsterte Ka auf dem Auge) als auch zur Quergalvanisation (durch beide Schläfen und die Orbitae) oder zur sog. Sympathikusgalvanisation (s. bei „Chorea") geraten. In allen diesen Fällen müssen die Stromstärken niedrig gewählt und muß beim Ein- und Ausschleichen die größte Vorsicht geübt werden. Der direkten Elektrisation sind die Augenmuskeln nicht zugänglich (bis auf den M. levator palpebrae sup., s. S. 39), selbst dann nicht, wenn man eine noch so kleine Knopfelektrode durch das geschlossene Augenlid in die Tiefe zu drücken versucht. Immerhin kann man, besonders bei peripherisch entstandenen Lähmungen, die oben erwähnten Methoden durch stabile oder labile Galvanisation mit perkutanem Eindrücken einer knopfförmigen Elektrode zwischen Lid und Orbita resp. durch direkte „episklerale" Elektrisation auf der vorher kokainisierten Konjunktiva ergänzen. Für die letztere Behandlungsart hat Eulenburg eine besondere Elektrode angegeben. —

Kopf-Quergalvanisation und lokale Anodengalvanisation des Auges soll auch bei Neuritis optica gelegentlich gute Erfolge gebracht haben. — Über Behandlung der Optikusatrophie und der übrigen Augenleiden s. S. 152f.

Oblongata-Erkrankungen.

5. Die Krankheiten des verlängerten Marks können versuchsweise mit Quergalvanisation durch beide Processus mastoidei

(zwei gleichgroße Elektroden von ca. 30 qcm Q) behandelt werden, wobei besondere Vorsicht im Ein- und Ausschleichen erforderlich ist, Stromstärke bis höchstens 2 MA. Namentlich bei der progressiven Bulbärparalyse ist diese Methode zu versuchen. Auch die Auslösung galvanischer Schluckbewegungen (s. S. 42) durch Bestreichen der seitlichen Halsgegend mit einer Ka von ca. 15 qcm Q bei 3—6 MA wird für diese Krankheit empfohlen.

Asphyxie.

Hier sei auch nochmals darauf hingewiesen, daß gegen Asphyxie die Faradisation beider Nn. phrenici (s. oben S. 41) mit Nutzen angewendet wird.

---

e) Funktionelle Nervenleiden und solche unbekannter Genese.

Hysterie, Neurasthenie und Hypochondrie.

Hysterie, Neurasthenie, Hypochondrie.

Bei der Behandlung dieser Erkrankungen spielt das suggestive Moment naturgemäß die Hauptrolle, so daß im Grunde jede Methode angewendet werden kann, die im speziellen Falle eine psychische Wirkung zu entfalten imstande ist. Zweckmäßig könnte es im allgemeinen erscheinen, zunächst den faradischen Strom in fühlbaren Stärkegraden zu versuchen, weil er durch den größeren sensiblen Eindruck die Aufmerksamkeit der Kranken in höherem Maße auf den behandelten Teil hinlenkt. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß nicht bei bestimmten Zuständen der galvanische Strom, z. B. am Kopf appliziert, einen größeren psychischen Effekt hervorrufen kann. Psychologisches Studieren des Einzelfalles, ärztliche Klugheit und richtiger Takt in der Wahl der Methode, oft auch Erfindungsreichtum im Wechseln des Verfahrens, sind nirgends so unbedingtes Erfordernis wie bei der Therapie dieser funktionellen Zustände.

Außer der reinen Suggestion, deren Wichtigkeit für die elektrische Behandlung der in Frage stehenden Leiden nicht hoch genug geschätzt werden kann, ist bei der Elektrotherapie derselben indessen zweifellos noch eine Reihe anderer Faktoren wirksam, von denen nur folgende erwähnt seien: 1. die Erzielung von Muskelkontraktionen; so beispielsweise in den Fällen, in denen die genannten Erkrankungen muskelfaule oder muskelschwache Individuen betreffen, und besonders in Verbindung mit einer sog. „Mastkur", bei der die allgemeine Faradisation als Unterstützung der allgemeinen Massage imstande sein dürfte, den bettlägerigen Kranken die mangelnde aktive Bewegung einigermaßen zu ersetzen; 2. die Anregung der Zirkulation und die Beeinflussung des Blutdrucks sowohl in der Haut als auch besonders in den tieferen Geweben (s. S. 108); 3. die durch die allgemeine Muskel- und Hautreizung hervorgerufene Anregung des Stoffwechsels und Beeinflussung des subjektiven Allgemeinbefindens (Hebung der Perspiration, des Appetits, der Ernährung usw.); 4. die durch die kräftigen faradischen Hautreize bedingte, mannigfaltige reflektorische Wirkung auf die nervösen Zentralorgane, selbst auf die „zentralsten" Teile, deren Funktionsstörung (Störung des Selbstbewußtseins) offenbar die wesentlichste Rolle bei jenen Erkrankungen spielt.

Man unterscheidet bei der Therapie dieser Krankheiten 1. Methoden zur elektrischen Allgemeinbehandlung; 2. Methoden zur lokalen (symptomatischen) Behandlung. Von Methoden der ersten Art sind folgende zu nennen:

Allgemeine Faradisation.

1. Bei den funktionellen Nervenleiden, auch bei den Patienten, die eine sog. Mastkur gebrauchen, ist um ihrer erfrischenden, die Tätigkeit des Gesamtnerven- und Zirkulationssystems anregenden Wirkung willen eine allgemeine Faradisation des Körpers zu empfehlen. Man nimmt dieselbe in der Weise vor, daß man bei mittleren (nicht schmerzhaften) faradischen Strömen eine Bürste oder die befeuchtete Massagerolle streichend und klopfend der Reihe nach über Arme, Brust und Leib, Rücken und Beine des Patienten mehrere Minuten lang hinüberführt. Die ganze Prozedur braucht nicht länger als 15—20 Minuten zu dauern. Während die ersten Sitzungen hin und wieder eine gewisse Abspannung hinterlassen, tritt der günstige Einfluß oft schon nach einigen Tagen hervor. — Bergonié wendet gegen die Muskelschwäche der Neurastheniker (wie übrigens auch gegen Fettleibigkeit) die allgemeine Faradisation mit gutem Erfolge in der Weise an, daß mehrere große durchfeuchtete Elektrodenplatten am Körper befestigt und nun durch Unterbrechungen rhythmische, kräftige allgemeine Muskelkontraktionen ausgelöst werden.

Allgemeine Galvanisation.

2. Auch eine allgemeine Galvanisation kann man versuchen: Die Ka sitzt als große Platte an indifferenter Stelle, während unter den üblichen Kautelen die An von kleinerem Querschnitt (ca. 20—30 qcm) etwa $^1/_4$ Stunde lang über die einzelnen obengenannten Teile gleitet. Diese Methode eignet sich besonders für die nicht selten zu findenden Fälle, in denen faradische Ströme überhaupt nicht vertragen werden. Auch kommt ihr vielleicht in höherem Grade eine beruhigende Wirkung zu als der Faradisation. Man beginnt mit ganz schwachen, gerade fühlbaren Strömen und steigt von Sitzung zu Sitzung langsam in der Stromstärke.

Zentrale Galvanisation.

3. „Zentrale Galvanisation" nennt man ein Verfahren, bei welchem eine große Ka in der Magengrube sitzt, während die An wandert, und zwar sitzt sie 2 Minuten an der Stirn, 2 Minuten am Nacken, ca. 5 Minuten am „Sympathikus" (s. bei „Chorea"), wobei natürlich an jeder Station ein- und ausschleichend der Strom von neuem appliziert wird; sodann folgt eine labile Rückengalvanisation. — Die zentrale Galvanisation ist das mildeste, am meisten sedativ wirkende Verfahren und darum bei besonders erregten Personen oder solchen, die gegen schmerzhafte Methoden eine heftige Abneigung haben (Hypochonder, Traumatiker), in erster Reihe zu empfehlen.

Die Teile, die Sitz besonderer Beschwerden sind, sind dann im Sinne der oft genannten Prinzipien zu behandeln. —

Eine besonders gleichmäßige Einwirkung des Stromes auf den gesamten Körper kann in den hier in Frage stehenden Fällen erreicht werden durch die

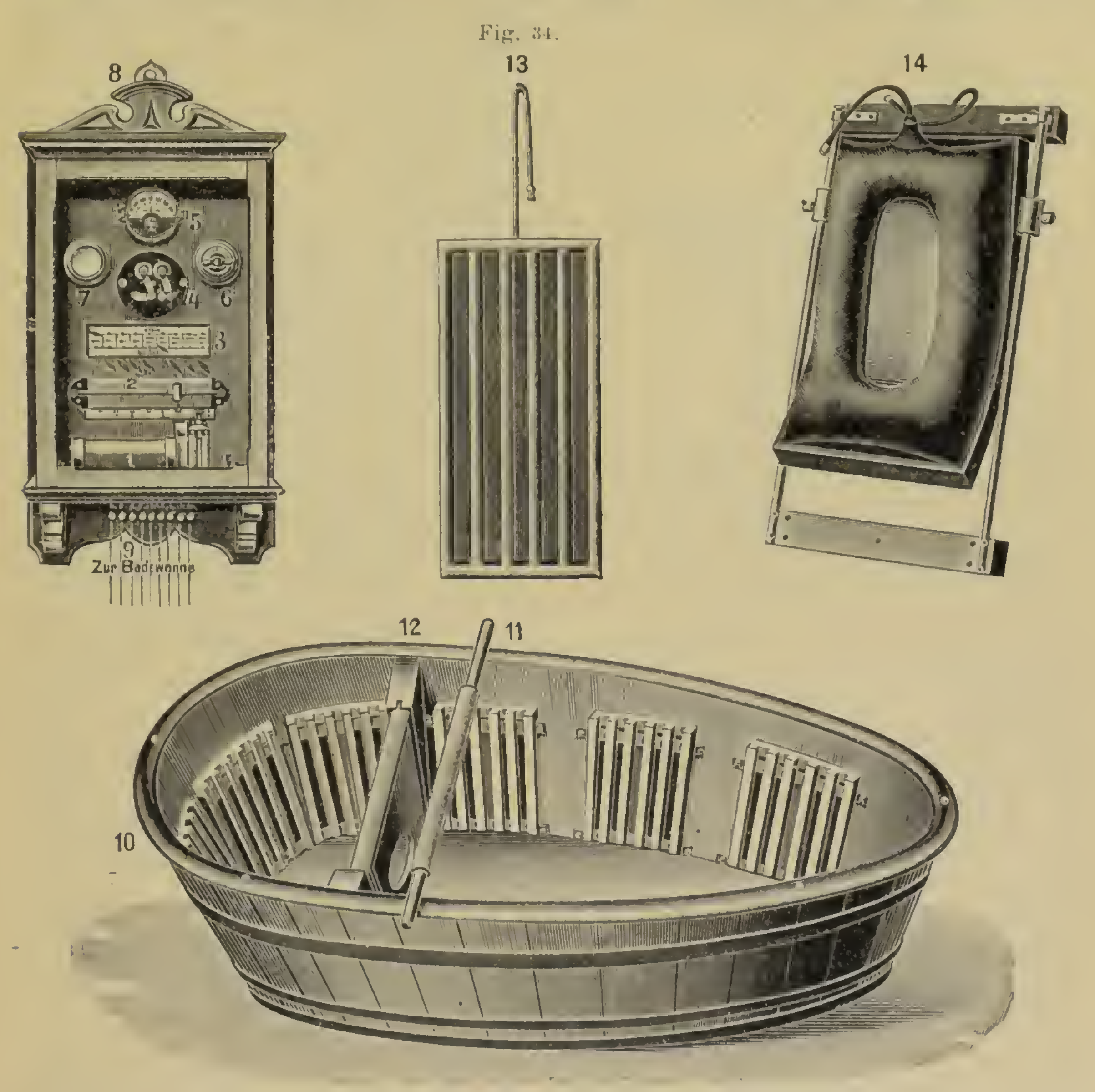
Elektrische Bäder.

4. elektrischen Bäder (s. Fig. 34—38). Man kann den faradischen oder galvanischen Strom einer Batterie oder besser den Strom einer

Gleichstromzentrale (s. Kapitel 9) in Holz-, Porzellan-, Ton- oder Steinwannen zu lauwarmem Badewasser leiten und unterscheidet von den so erzeugten „hydroelektrischen" Vollbädern zwei Hauptformen: das monopolare und das dipolare. Beim monopolaren galvanischen Bade wird der eine Pol — z. B. die Ka — in Form mehrerer mit-

Vollbad.

Fig. 34.



Hydroelektrisches Bad (Reiniger, Gebbert & Schall).

Das Tableau links oben in der Figur enthält die Apparate zur Zuführung, Regulierung und Messung des von einer Zentralstation erzeugten Stromes (vgl. auch Fig. 48 im Kapitel 9 und den zugehörigen Text): es befindet sich darauf bei 1. ein Induktionsapparat, 2. ein Regulierapparat für die elektromotorische Kraft des galvanischen Stroms (sogen. Voltregulator; s. ebendaselbst), 3. ein Umschalter zur lokalen hydro-elektrischen Applikation an den verschiedenen Körperregionen (dazu dienen auch die an den Wänden der Wanne befindlichen, zur Aufnahme der Bade-Elektroden bestimmten Fächer), 4. ein Stromwechsler (s. auch Fig. 5 und 12) für galvanischen und faradischen Strom, 5. ein Galvanometer, 6. ein Schaltkontakt zur Zuführung des Stroms der Zentrale und 7. eine Bleisicherung. Oben am Tableau befindet sich bei 8. eine vorgeschaltete Glühlampe (s. Kapitel 9 im Text zu Fig. 48) und unten bei 9. die Zuleitungen zur Badewanne, 10. die Badewanne, 11. die Monopolarstange (s. den Text), 12. die Gummischeidewand (Diaphragma) zur Anwendung des Zweizellenbades, 13. eine plattenförmige Badeelektrode, 14. das im Text erwähnte Rückenkissen nach Trautwein.

einander leitend verbundener großen Plattenelektroden (13 in Fig. 34) zum Wasser geleitet, während eine über die Wanne gelegte überzogene und befeuchtete Stange, die der Patient mit den Händen anfaßt (Monopolarstange, 11 in Fig. 34), oder ein großes Rückenkissen (400 qcm Q),

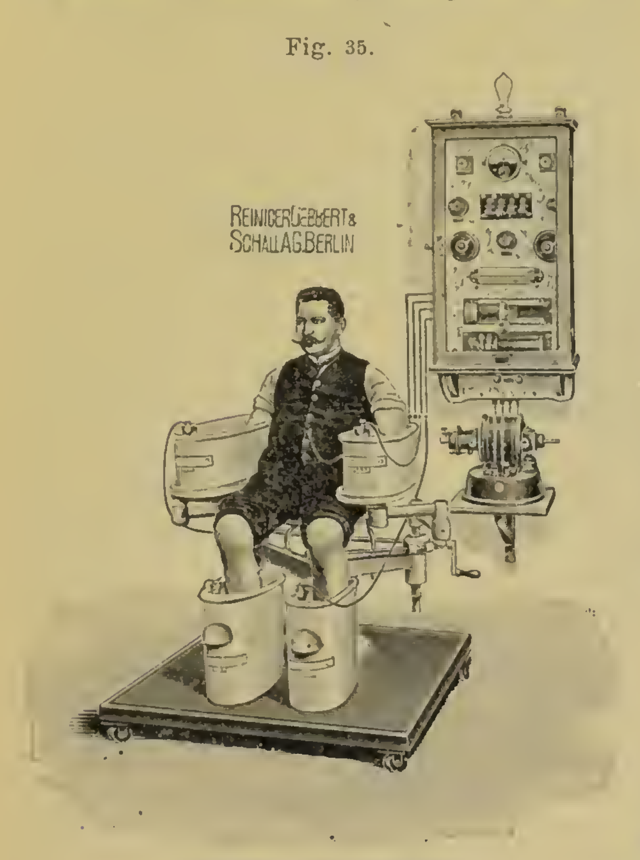
an das sich der Patient anlehnt (14 in Fig. 34), mit dem anderen Pol — z. B. der Anode — verbunden wird und gewissermaßen als indifferente Elektrode dient. Man spricht von einem Kathodenbad, wenn das Wasser die Ka enthält, und umgekehrt*). Bei dem dipolaren galvanischen Bade werden beide Pole in Gestalt mehrerer großer in Fächer oder Gitter der Wannenwand eingelassener Elektroden zum Wasser geführt, und die eine Hälfte ihrer Anzahl mit der An, die andere mit der Ka verbunden; der Patient berührt keine von ihnen. Diesen Bädern kommt (besonders bei absteigender Stromrichtung) eine beruhigende Wirkung zu, die man verstärken kann, wenn man dem im Bade sitzenden Körper eine die Körpermitte treffende und die Wanne gleichsam der Länge nach halbierende Gummischeidewand (12 in Fig. 34) aufsetzt (Zweizellenbad). Bei dieser Art der Anordnung muß der gesamte Strom, der sonst im Wasser Stromschleifen bildet, von einer zur anderen Elektrode, da Gummi bekanntlich nichtleitend ist, die Öffnung des Diaphragma und damit den in dieser Öffnung steckenden menschlichen Körper passieren. Die Stromstärken betragen 50—100 und mehr MA. — Der Strom wird vorsichtig eingeleitet, während der Patient bereits im Bade sitzt. Der Hals soll dabei nicht mehr vom Badewasser bedeckt werden. Salze werden dem elektrischen Bade nicht zugesetzt, wohl aber sind parfümierte Extrakte zulässig. Anfangs wählt man schwächere, später stärkere Ströme. Die Dauer beträgt anfangs ca. 10 Minuten und steigt dann. — Schmerzen oder dgl. treten selbst bei hohen Stromstärken nicht ein. — Für die faradischen Bäder gilt bezüglich der Technik dasselbe. Man bevorzugt dabei — wie übrigens auch für den galvanischen Strom — entschieden die dipolaren Bäder. Galvanische und schwache langdauernde faradische Bäder wirken nach allgemeiner Annahme beruhigend und schlafmachend, kurze und starke faradische (und ebenso übrigens die sogenannten sinusoidalen Wechselstrombäder, s. Kapitel 12) anregend, blutdruckherabsetzend und stoffwechselsteigernd. Gegen motorische Reizzustände aller Art (Spasmen, Kontrakturen, Chorea, Paralysis agitans und Tremoren) sowie zur Herabsetzung der Hautsensibilität eignen sich nach Eulenburg besser galvanische Bäder, während faradische (und sinusoidale) vorzüglich zur Allgemeinbehandlung der Neurosen, auch bei Herzneurosen, Morbus Basedowii, Anämie, Stoffwechselkrankheiten und bei chronischen Gelenk- und Muskelleiden in Gebrauch sind. Über die Anwendung elektrischer Bäder bei Herzleiden s. unten S. 149.

Vierzellenbad. Zur möglichsten Vermeidung im Wasser abirrender Stromschleifen hat Schnée ein „Vierzellenbad“ (Fig. 35, s. auch unten S. 145) konstruiert: es besteht aus vier kleinen Porzellanwannen, von denen zwei die Armlehnen eines Lehnsessels bilden und zwei (höhere) zu Füßen des Stuhles stehen. Alle vier sind mit der Stromquelle verbunden und können in beliebiger Reihenfolge eingeschaltet werden. Das Verfahren wird

*) Die Annahme einer isolierten polaren Wirkung der im Wasser befindlichen Elektrode ist aber nicht richtig, da die dem Körper unmittelbar anliegende Elektrode offenbar größere Wirkung auf ihn erzielt als die andere.

zur Allgemeinbehandlung bei Neurosen, zur Herabsetzung des Blutdrucks bei Arteriosklerose und Präsklerose, gegen Chorea, Tremoren, Morbus Basedowii, Magen- und Sexualneurosen, Neuralgien, Läh-

Fig. 35.



Schnées Vierzellenbad.

Fig. 36.



Winternitz' Vierzellentisch. Auf der Bodenplatte und der verstellbaren Tischplatte eines auf Rollen laufenden Gestells liegen zwei Fuß- bzw. Handelektroden, mit hydrophilen, vor dem Gebrauch zu durchfeuchtenden Kissen bedeckt. Umschalter (links oben in der Figur am Tisch sichtbar) gestatten beliebige Verbindung der Elektroden mit Anode oder Kathode.

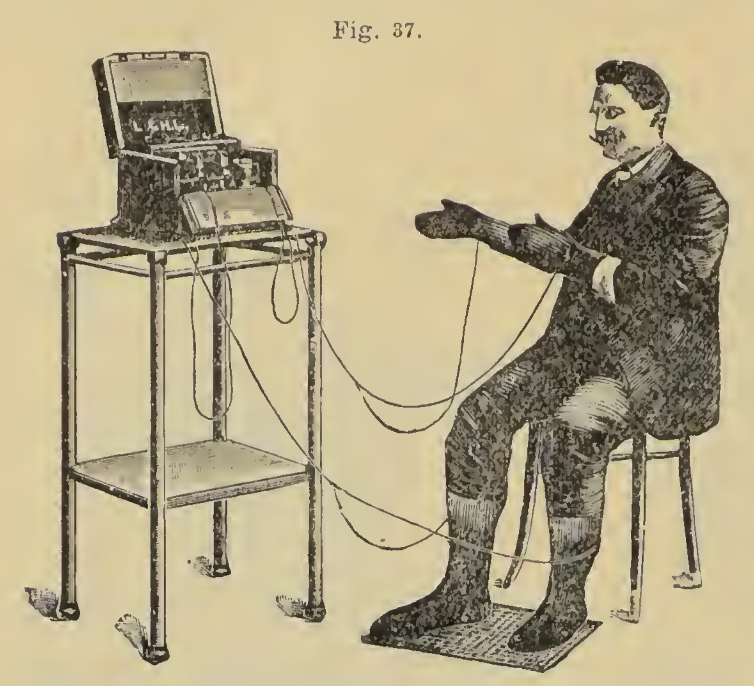
mungen, Beschäftigungsneurosen, Arthritis urica, diabetische Beschwerden usw. empfohlen. Die Vorteile dieser Applikationsart, deren ungewöhnlich großer Indikationsbereich von vornherein stutzig machen muß, ist der, daß der Stromverbrauch geringer ist als im Vollbade, daß der Apparat im ärztlichen Sprechzimmer untergebracht werden kann, und daß der Patient sich nicht zu entkleiden braucht. Demgegenüber steht als unleugbarer Nachteil der, daß als Eintrittspforten für den Strom hier im Gegensatz zum Vollbade gerade diejenigen Körperstellen dienen, die den größten Hautwiderstand bieten, nämlich Handflächen und Fußsohlen. Es ist unter diesen Umständen anzunehmen, daß die Stromdichtigkeit bei Anwendung des Vierzellenbades im Körperinnern erheblich geringer ist als unmittelbar an den Elektroden, und daß infolgedessen seine Wirksamkeit nicht entfernt derjenigen bei Stromeintritt von der ganzen Körperoberfläche aus (wie beim Vollbade) gleichkommt.

Ersatzverfahren für das Vierzellenbad.

Ähnliches gilt von den als Ersatz für das patentierte und kostspielige Vierzellenverfahren angegebene Einrichtungen, Winternitz' Vierzellentisch (s. Fig. 36), Boruttaus Hüllenelektroden (s. Fig. 37), Sarasons Vierzellenbad u. a. — Die relativ wirksamste Ersatzmethode für das elektrische Vollbad scheint mir — ohne daß ich NB. den theoretischen Anschauungen dieses Autors zustimme — Erfurths

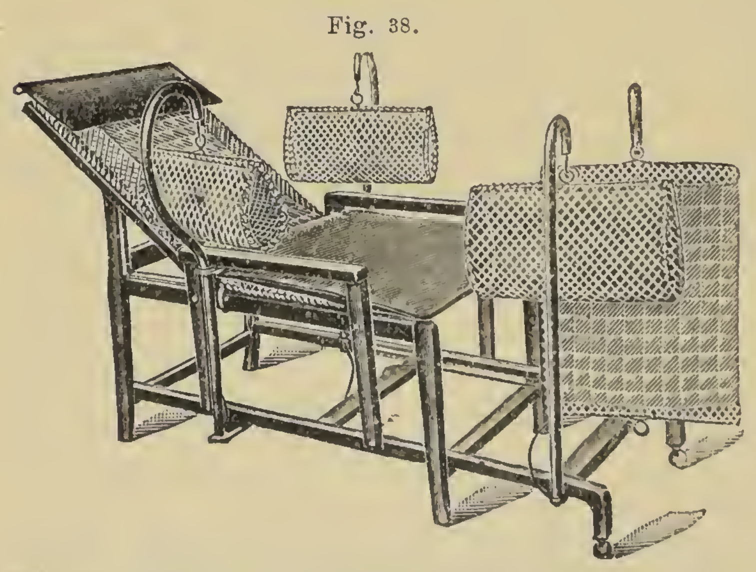
„Elektromat" zu sein, eine Art Diwan mit einem durchtränkten Rückenkissen von 2000 qcm und vier schmiegsamen durchtränkten Hüllen für die distalen Partien der vier Extremitäten (s. Fig. 38).

Fig. 37.



Boruttaus Hüllenelektroden. Strümpfe und Handschuhe aus porösem, durchfeuchtbarem Material mit Einlage aus feinem Drahtnetz.

Fig. 38.



Erfurths Elektromat. Liegestuhl mit ausziehbarem Fußgestell, die Rücklehne bildet eine Drahtmatratze; an den Armlehnen zwei aufklappbare Drahtkörbe für die Arme, am Fußgestell zwei gleiche für die Beine. Flache, besteppte Mooskissen — eins ist in der Figur sichtbar — werden mit heißem Wasser durchtränkt und auf die Matratze und in die Körbe gelegt.

Als Dreizellenbad bezeichnet Weinberger ein monopolares Halbbad, bei dem nur an Stelle der Monopolarstange (s. oben) zwei den Schnéeschen ähnliche Armwannen auf dem Boden oder am Rande der großen Wanne angebracht werden. Zu ihnen wird der eine Pol, zur großen Wanne der andere geleitet. Diese Modifikation soll die Nachteile der Stromabirrung (s. oben) im bipolaren, der Unexaktheit (s. oben) im üblichen monopolaren und der Unbequemlichkeit (durch Druck der Gummischeibe) des Zweizellenbades (s. oben) vermeiden und gleichmäßige Durchströmung des Körpers ermöglichen.

Über ein ganz einfaches Vierzellenverfahren mit primitiven Hilfsmitteln vgl. unten S. 145.

Als fünfte Form der elektrischen Allgemeinbehandlung der Neurosen käme die Franklinisation und als sechste die Autokonduktion im Arsonvalschen „Käfig" in Betracht (s. die betreffenden Kapitel und vgl. auch den Abschnitt über sinusoidale Bäder im 12. Kapitel). Dabei sei gleich bemerkt, daß sowohl das statische Luftbad als vielleicht auch die Wechselstrombäder anscheinend eine sedative Wirkung ausüben, während statische Funkenströme mehr erfrischend und anregend wirken. Die spezifische Wirkungsweise der Arsonvalisation ist noch sehr problematisch.

Von Einzelheiten der symptomatischen Therapie bei diesen Leiden, die sich natürlich im großen und ganzen den schon oft erwähnten Prinzipien anschließt, seien noch folgende hervorgehoben:

Kopfschmerzen.

1. Die funktionellen Kopfschmerzen und Schwindelzustände der Hysterischen und Neurasthenischen kann man bekämpfen:

a) mit der Galvanisatio capitis in der auf S. 128 ausführlich geschilderten Weise.

b) mit der Sympathikusgalvanisation (s. bei „Chorea"),

c) mit der elektrischen (faradischen oder galvanischen) Hand: Der Arzt appliziert die eine von zwei gleichgroßen Elektroden am eigenen Körper, indem er sie z. B. in die Hand nimmt, die andere Elektrode fixiert er in der üblichen Weise am Körper (z. B. am Sternum oder im Nacken) des Patienten. Der Arzt führt dann seine eigene freie Hand (bei schwachen faradischen oder galvanischen Strömen) leicht streichend mehrere Minuten lang über den Kopf des Patienten. Faradische Ströme eignen sich dazu besser als galvanische. Man tut gut, vom suggestiven Effekt dieser Methode nicht zuviel zu erhoffen. — Vgl. auch Franklinisation (Kopfdusche) und Arsonvalisation.

Rückenschmerzen.

2. Die hysterischen, neurasthenischen und hypochondrischen Rückenschmerzen (Rhachialgie) werden wie die übrigen funktionellen Parästhesien und Hyperästhesien mit der faradischen Bürste oder der Massagerolle (S. 120 und 124) behandelt. Auch die Rückengalvanisation (s. S. 125 f.) kann man natürlich versuchen. — Für die symptomatische Behandlung der besonderen Schmerzpunkte (z. B. Ovarie, Mastodynie) gelten die allgemeinen Grundsätze: Anodenbehandlung, leichte Bürstenfaradisation usw. (S. 116 ff.). — Andere Methoden s. im Kapitel Franklinisation.

Motorische Ausfalls- und Reizerscheinungen.

3. Für die Behandlung der hysterischen Ausfallserscheinungen (Aphonien, Lähmungen usw.) und Kontrakturen gilt besonders das oben Gesagte von dem Effekt jedes suggestiv stark wirkenden Verfahrens. So kann man z. B. bei Lähmungen die lokale Muskelfaradisation oder noch besser Galvanofaradisation, bei Aphonien die „interne Kehlkopffaradisation" (s. unten bei „Behandlung innerer Krankheiten") vornehmen usw. Man verbindet diese Methoden nach dem Rate französischer Autoren mit Wachsuggestion, indem man gerade durch die elektrische Reizung den Patienten von der Aktionsfähigkeit der scheinbar gelähmten Muskeln überzeugt und ihn so allmählich während der elektrischen Sitzungen durch Zureden und Überlisten (unbemerktes allmähliches Abschwächen des Stroms usw.) zum Gebrauch der vermeintlich funktionsunfähigen Körperbezirke wiedererzieht — „Rééducation fonctionelle".

In nicht zu alten Fällen und namentlich bei jugendlichen Hysterischen kann man gelegentlich Erfolg von dem sog. „Überrumpelungs-Verfahren" sehen: indem man dem Patienten suggeriert, daß durch einmalige Elektrisation das betreffende Symptom beseitigt werden wird, setzt man unter Einschaltung kräftiger faradischer Ströme eine bürstenförmige Elektrode (oder eine ähnliche, plötzlichen starken Schmerz verursachende) auf den Ort, an dem sich das Symptom abspielt (z. B. bei Aphonie auf die Kehlkopfgegend, bei Arm-

lähmung auf den Plexus brachialis), läßt sie dort kurze Zeit stabil und fordert nun den Patienten auf, während dieser Zeit zu phonieren oder den Arm zu bewegen. Mit kleinen Zwischenpausen wiederholt man diese Prozedur mehrmals, wobei man mit Ernst und Ruhe, in der üblichen Weise suggerierend, dem Kranken zuredet. So gelingt es mitunter, in einer einzigen Sitzung ein lange bestehendes Ausfallssymptom verschwinden zu sehen. Zur Befestigung des Erfolges kann man in den nächsten Tagen noch einige Male (dann ev. mit schwächeren Strömen) das Verfahren wiederholen. — Diese Methode ist aber recht gewaltsam und überdies keineswegs zuverlässig; sie versagt ziemlich oft, und damit erleidet natürlich die Suggestibilität des Patienten nicht nur dieser, sondern auch anderen therapeutischen Methoden gegenüber große Einbuße: man muß sich, bevor man zu diesem Verfahren greift, klar machen, daß es eine Art Va-banque-Spiel bedeutet. — Trotzdem ist es in frischen Fällen schon darum gelegentlich empfehlenswert, weil man dadurch oft imstande ist, dem Kurpfuschertum und dem Geschäftshypnotismus gerade die schönsten Opfer zu entreißen.

4. Für die lokalen Beschwerden der Neurastheniker usw. wird man nach den allgemeinen Grundsätzen verfahren. Besonders wäre noch zu erwähnen, daß für die Kranken mit traumatisch entstandenen Neurasthenien, Hysterien und Hypochondrien besondere Verfahren nicht angezeigt sind. Man hüte sich nur davor, zu starke faradische Ströme zum Zwecke der „Simulantenabschreckung“, wie sie in manchen „Heilanstalten“ geübt wird, anzuwenden.

Traumatische Neurosen.

Sexuelle Beschwerden.

5. Gegen die sehr häufigen sexuellen Beschwerden (Impotenz, Ejaculatio praecox, Pollutionen usw.) kann man entweder mit dem faradischen Strom eine Bürstung der Lendenwirbelsäule vornehmen, oder mit dem galvanischen Strom eine labile Behandlung derselben Gegend (wie sie S. 126 geschildert ist) ausführen: wenn man das elektrotonische Prinzip auch für diese komplizierten psychischen Vorgänge verwerten will, was aber wohl schwerlich gerechtfertigt ist, kann man bei Zuständen erhöhter sexueller Erregbarkeit die An, bei Zuständen herabgesetzter die Ka als gleitende Elektrode anwenden. Eine Behandlung mit absteigenden oder (nach Tripier und Laquerrière) aufsteigenden Strömen (s. S. 125) am Rücken resp. von der Lumbalgegend (An) nach dem Perineum (Ka) ist gegen Pollutionen sicherlich oft von Vorteil. Es ist aber kaum anzunehmen, daß alle diese Verfahren anders als suggestiv wirken. — Darum sind auch besondere Vorschriften über Dosierung des Stromes nicht notwendig; man nehme im allgemeinen fühlbare, jedoch nicht zu starke Ströme. — Eine direkte Behandlung (namentlich interne Elektrisation oder externe Faradisation) der Genitalien ist für die Fälle psychischer Potenzstörungen dringend zu widerraten. — Das beste bleibt für alle solche Fälle die Allgemeinbehandlung.

Gegen Frigidität der Frauen empfiehlt Régnier intravaginale Faradisation. Ich selbst habe gelegentlich von intravaginaler Franklinisation gute Wirkung gesehen.

Schlaflosigkeit.

6. Gegen Schlaflosigkeit wendet man mit nicht selten günstigem Erfolge Kopfgalvanisation (besonders in den Abendstunden) an. Auch die Nacken- oder Sympathikusgalvanisation sowie die faradische Hand

am Kopfe können dabei gebraucht werden. Namentlich sind schwache faradische Bäder zu empfehlen. (Vgl. auch die Kapitel Franklinisation, Arsonvalisation und elektromagnetische Behandlung.)

Angst.

7. Die Angstzustände der Hysterischen und Hypochonder bekämpft man versuchsweise mit der Sympathikusgalvanisation oder mit rhythmischer faradischer Reizung des N. phrenicus (Wernicke) nach den oben (S. 41) gegebenen Vorschriften (s. auch unter 8).

Herzpalpitation.

8. Gegen die Herzpalpitationen empfiehlt sich gelegentlich eine lokale galvanische An-Behandlung der Herzgegend mit schwachen Strömen. Eine indifferente Elektrode sitzt dabei im Nacken (oder am Sternum). Oder man wendet absteigende Ströme an: An am Hals, unterm Ohrläppchen, Ka am Herzen. — Man kann auch gegen diese Störung sowie gegen die vasomotorischen und sekretorischen Beschwerden funktioneller Natur, also z. B. die Hyperhidrosis, das vorübergehende Erröten usw., die sogenannte Galvanisation des Sympathikus (s. unten) vornehmen. Weniger empfehlenswert und wohl nur suggestiv bzw. als modifizierter Hautreiz wirksam ist die Faradisation oder Galvanisation der Gegend des Halssympathikus oder des Herzens mittels der Bürstenelektrode oder einer kleinen feuchten Platte. Gegen Angina pectoris wird Faradisation der Magengrube mit der Bürste, 3—5 Minuten bei schwachen bis mittelstarken Strömen, resp. labile galvanische Anode ebendaselbst, 2—3 MA, empfohlen; gegen Herzklopfen, Arrhythmie, Angst usw. bevorzugen Luzenberger u. a. die vermutlich in gleicher Weise wirksame Franklinisation mit der Spitzenelektrode (s. 10. Kapitel). — Über Herzmuskelerkrankungen s. bei „Erkrankungen innerer Organe“ und bei „Sinusoidalströmen“ (12. Kapitel).

Angina pectoris.

9. Über Zittern s. S. 140. — Die Behandlung der funktionellen Magen-, Darmbeschwerden usw. wird bei „Behandlung innerer Krankheiten“ S. 147 besprochen. — Über Blasenbeschwerden s. bei „Enuresis nocturna“ S. 144 sowie auf S. 151. — Über Ohrensausen s. S. 153 ff.

Chorea und Athetose.

Chorea und Athetose.

Die elektrische Behandlung der Chorea und Athetose bietet im allgemeinen durchaus keine glänzenden Aussichten. Man vermeide den faradischen Strom und mache entweder eine lokale Galvanisation der zuckenden Teile mit einer befeuchteten gleitenden An (S. 119) von kleinerem Querschnitt (ca. 20 qcm) bei schwachen Strömen, also bis 3 MA etwa, wobei eine größere Ka in der Fossa jugularis sitzt, oder man versuche

Sympathikusgalvanisation.

a) die Galvanisation des Halssympathikus: eine Elektrode (An) von kleinem Querschnitt (ca. 5 qcm) sitzt am Hals in der Gegend unter dem Ohrläppchen, hinter dem Unterkieferast, eine zweite (Ka) von gleichem Querschnitt in der Fossa jugularis. Man schaltet (vorsichtig einschleichend) einen Strom von ca. 1—3 MA ein, den man einige Minuten einwirken läßt. Danach wird vorsichtig wieder ausgeschaltet. Man kann die Ka auch an die symmetrische Stelle der

anderen Seite oder auf die Gegend der unteren Halswirbelquerfortsätze der anderen Seite setzen.

b) die Nackengalvanisation: die An (15—30 qcm Q) sitzt am Nacken, die Ka (indifferent, ca. 100 qcm) am Sternum oder in der Fossa jugularis. Stromstärke 2—5 MA.

c) Galvanisatio dorsi (s. oben S. 125) mit aufsteigenden Strömen, 10—30 MA, 10—20 Minuten.

Nicht ohne Nutzen sind in manchen Fällen die sedativen Formen der elektrischen Allgemeinbehandlung (zentrale Galvanisation, galvanische Bäder, Franklinsche Dusche). Die suggestiven Methoden haben bei Chorea keine nachhaltigen Erfolge; ebensowenig nach meiner Erfahrung die Kopfgalvanisation oder die stabile Anodenbehandlung der mitunter am Rücken zu findenden Schmerzpunkte.

Tickrankheit.

Tickrankheit.

Beim allgemeinen Tic ist die Elektrotherapie ausschließlich Suggestionsträgerin: die elektrische Sitzung, z. B. eine schwache Galvanisation, wird dazu benutzt, die zur Behandlung dieses Leidens einzig geeignete Übungstherapie (Ruheübungen) anzuwenden. Die Behandlung der den zuckenden antagonistischen Muskeln mit starken faradischen Strömen hat — wenn überhaupt — sicherlich nur einen ganz vorübergehenden Effekt.

Paralysis agitans.

Paralysis agitans.

Für frische Fälle ist Galvanisatio capitis oder Nackengalvanisation empfohlen worden. Im übrigen gilt hier das weiter unten vom Tremor Gesagte. Große Erfolge sind auch hier nicht zu erwarten. Insbesondere halte ich die Faradisation der zitternden Teile, auch wenn sie vorsichtig und mit schwachen Strömen geschieht, nicht für ratsam. In alten Fällen ist elektrotherapeutisch gar nichts zu tun; höchstens bringen galvanische Vollbäder, lokale galvanische Extremitätenbäder (Ka-Bäder, lange Sitzungen) oder auch vielleicht faradische Vierzellenbäder ab und zu Erleichterung.

Tetanie.

Tetanie.

Die Behandlung ist analog der für die lokalen Krämpfe angegebenen (s. S. 119), also hauptsächlich galvanische Anodenbehandlung mit schwachen Strömen. Auch vorsichtige Faradisation der Wirbelsäule wird empfohlen. Neuerdings sah P. Philippson bei tetaniekranken Kindern Herabsetzung der gesteigerten elektrischen Erregbarkeit (S. 66) durch lokale galvanische Bäder von 20—30 MA, 10 Minuten, indifferente Platte am Rücken.

Zittern.

Zittern.

Wenn das Zittern Symptom eines anderen Leidens ist (multiple Sklerose, Intoxikationen, Basedow, Hysterie usw.), so wird es

meistens nicht besonders elektrotherapeutisch berücksichtigt. — Gelegentlich tritt es aber gewissermaßen idiopathisch auf (essentieller, kongenitaler, hereditärer, seniler Tremor usw.), oder es beherrscht das Krankheitsbild (wie z. B. in manchen Fällen von Hysterie). Dann kann man versuchen, durch faradische Bürstung mit nicht zu starken Strömen sowie durch Sympathikus- oder Nackengalvanisation eine Besserung herbeizuführen. Man darf aber keine anderen als suggestive Erfolge von diesen Methoden erwarten. — Auch elektrische Lokalbäder (s. S. 145) oder Vollbäder (s. S. 133) werden empfohlen. Für die Lokalbäder wird der galvanische Strom benutzt, das Wasser enthält die Kathode, die Anode sitzt am Nacken. Stromstärke 20 MA und mehr, 10—30 Minuten.

Beschäftigungsneurosen (Schreiberneurose usw.).

Beschäftigungsneurosen.

Man kann von diesen Neurosen verschiedene Formen unterscheiden, nämlich

1. eine sensorische,
2. eine motorische, und zwar
   a) eine paretische,
   b) eine spastische (und eventuell noch
   c) eine tremorartige) Form.

1. Bei den sensorischen Formen, die sich im wesentlichen in Parästhesien oder Schmerzen äußern (wie z. B. häufig bei der Violinspieler-, Telegraphistenneurose usw.), und bei denen motorische Beschwerden fehlen, ist eine faradische Bürstung der in Frage kommenden Teile (z. B. Finger, Hand usw.) rätlich, daneben kann man auch eine stabile oder labile Anodenbehandlung oder die schwellenden faradischen Ströme (s. S. 124) anwenden.

2. a) Die paretischen Formen, die bei Schreibern, Klavierspielern, Näherinnen usw. (wenn auch nicht häufig) vorkommen, behandelt man nach den Prinzipien, die bei allen übrigen Paresen herrschen, also mit lokaler Muskelfaradisation oder (Ka-) Galvanisation oder Galvanofaradisation der von der Parese betroffenen, also der speziell bei der betreffenden Beschäftigung in Aktion tretenden Muskeln (z. B. bei der Schreiberparese: der Daumenballenmuskeln, der Interossei, der Hand- und Fingerbeuger usw.).

b) Bei den häufigsten, den spastischen, Formen hingegen soll man die krampfenden Muskeln möglichst schonen und nicht zur Kontraktion bringen. Man darf sie höchstens vorsichtig mit der labilen An bei schwachen galvanischen Strömen bestreichen. Ein Gleiches gilt für die sehr seltenen tic-artigen Fälle, wie ich einen im oberen Fazialisgebiet bei einem Uhrmacher gesehen habe. Dagegen kann man die Antagonisten dieser Muskeln kräftig lokal faradisieren (mit der Unterbrecherelektrode), um durch deren Kräftigung sowie durch passive Dehnung der krampfenden Muskeln günstig einzuwirken. Auch statische Bäder (s. Kap. 10) und Vierzellenbäder (s. oben S. 134 ff.) werden empfohlen.

c) Für die tremorartigen Formen gilt das oben unter „Zittern“ Gesagte.

Bei den nicht seltenen gemischten Formen hat man — individuell kombinierend — nach den genannten Prinzipien zu verfahren.

Vasomotorische und sekretorische Neurosen.

Vasomotorische u. sekretorische Neurosen.

Dahin gehören: lokales Erröten oder Erblassen, lokale Asphyxie, Erythromelalgie, Sklerodermie, Herpes zoster, Urtikaria, vorübergehende lokale Ödeme, Hyperhidrosis usw. — Die Aussichten der elektrischen Behandlung sind auch für diese Zustände keine glänzenden. Man versuche die Galvanisation des Sympathikus (s. oben bei „Chorea“) oder die absteigende Galvanisation der im Bereiche der Krankheitssymptome liegenden Nervenstämme.

Erythromelalgie. Morbus. Raynaud. Akroparästhesien.

Bei der Erythromelalgie und den höheren Graden lokaler Asphyxie (Raynaudsche Krankheit) kann man auch die Galvanisation des Rückenmarks vornehmen. Bei geringeren Graden der Erythromelalgie, sowie bei den Akroparästhesien sieht man von faradischer Bürstung der affizierten Extremitätenenden, z. B. der Fingerspitzen, nicht selten (vorübergehenden) Erfolg, ebenso von lokalen, bei Erythromelalgie kühlen faradischen, bei Raynaudscher Krankheit und Akroparästhesien warmen galvanischen Bädern (s. S. 145). Dagegen ist bei Raynaudscher Krankheit die peripherische Faradisation nicht ratsam. v. Luzenberger empfiehlt gegen Akroparästhesien etwa 25 malige, allmählich an Stromstärke zunehmende Reizung der Armnervenpunkte am Oberarm mit galvanischer Kathode und alsdann bei verminderter Stromstärke Voltasche Alternativen (S. 120).

Sklerodermie.

Gegen Sklerodermie kann außer den Methoden der Allgemeinbehandlung (s. oben) eine örtliche Galvanisation der Plaques mit ziemlich starken Strömen versucht werden. Vgl. auch Kap. Franklinisation (Wellenströme).

Herpes zoster.

Gegen Herpes zoster werden absteigende galvanische Ströme im Gebiet des erkrankten Nervenstamms — die Kathode als große, mit Gaze bedeckte Platte auf den Bläschen — bei 6—10 MA (25 bis 30 Minuten) empfohlen. Ähnliche Affektionen an den Händen behandelte v. Luzenberger mit galvanischer Anode, 10—15 MA, 5 Minuten.

Nasenröte.

Querdurchströmung der Nase mit galvanischen Strömen empfiehlt Kapp gegen Nasenröte. Er hat eine besondere Elektrode dafür konstruiert.

Alopecie.

Alopecie, besonders A. areata, wird mitunter durch eine am Kopf applizierte lokale Bürstenfaradisation oder Faradisation mittels einer großen feuchten Elektrodenplatte, ev. der Gräupnerschen Kopfbadewanne (s. S. 130), günstig beeinflußt. Auch Franklinisation mit der Kopfplatte oder der Spitzenkranzelektrode (Kapitel 10), sowie Arsonvalisation scheinen mitunter wirksam zu sein.

Dysbasia angiosclerotica.

Bei der Dysbasia angiosclerotica oder dem intermittierenden Hinken sind lokale galvanische Fußbäder (S. 145) zu versuchen.

Weiteres s. auch in den Kapiteln über Franklinisation, Arsonvalisation und Elektromagnetbehandlung.

Hemikranie.

Hemikranie.

Die Behandlung geschieht analog den S. 128 und 137 für die Kephalalgie angegebenen Verfahren. Besonders für die sog. angioparalytischen Formen, d. h. diejenigen, die mit starker Gesichtsblässe einhergehen, lohnt es sich wohl, die Galvanisatio capitis oder die des Sympathikus zu versuchen.

Die besten Erfolge erzielt hier wohl die Franklinsche Kopfdusche. Auch durch Arsonvalisation habe ich in einzelnen Fällen auffallende Besserungen gesehen, wogegen ich mich vom Nutzen der Elektromagnetbehandlung nicht überzeugen konnte. — Im Anfall selbst sind die elektrischen Verfahren gewöhnlich wirkungslos.

Morbus Basedowii.

Morbus Basedowii.

Auch für dieses Leiden ist die Sympathikusgalvanisation, daneben die Galvanisation des Kopfes und aufsteigende Galvanisation des Halsmarks empfohlen worden. Man kann auch die Galvanisation der Medulla oblongata ausführen, indem man zwei gleichgroße Elektroden von mittlerem Querschnitt, gut durchfeuchtet, auf beide Processus mastoidei aufsetzt. Man lasse den Strom erst in einer Richtung und dann in der umgekehrten hindurchgehen, achte aber hier besonders auf vorsichtiges Ein- und Ausschleichen und wende die Stromrichtung nicht bei geschlossenem Strom. Die Stromstärken seien nur gering: also $^1/_2$—$1^1/_2$ MA.

Am meisten Erfolg — und in manchen Fällen ganz eklatanten Erfolg — verspricht für die Therapie des Morbus Basedowii die galvanische Durchströmung der Struma, resp. (wo keine Struma vorhanden ist) der Thyreoidea. Die Anordnung und Größe der Elektroden, sowie die übrigen Regeln sind analog denen bei der Galvanisation der Oblongata. Die Elektroden sitzen zu beiden Seiten der Struma. Die Dauer der Sitzung beträgt ca. 5—10 Minuten. Wiederum läßt man den Strom erst in der einen, dann (nach vorsichtigem Ausschleichen) in der umgekehrten Richtung hindurchgehen. — Libotte u. a. wenden auch gegen Basedow wie gegen Neuralgien usw. sehr starke, langwirkende Ströme (bis 60 MA, 20—25 Minuten lang) an. Auch ich selbst habe in den letzten Jahren von stärkeren Strömen (bis 15—20 MA) und längerdauernder Einwirkung gute Erfolge gesehen. Auch Faradisation der Struma mit sehr starken Strömen (Plattenelektroden) kann man versuchen. Vigouroux u. a. faradisieren täglich bis zweitägig mit mittelstarken Strömen je 1—2 Minuten lang zuerst die Carotiden, dann die Bulbi, die Struma und die Herzgegend. Kombinierte galvanofaradische Durchströmung (s. S. 123) der Schilddrüse wird ebenfalls gerühmt; in neuster Zeit auch die Iontophorese (S. 146) mit Jod von der Kathode aus, und zwar als $8^0/_0$ige Jodkalilösung oder $8^0/_{00}$ige Lösung von Jodwasserstoffsäure.

Daneben sind die Verfahren der elektrischen Allgemeinbehandlung sehr zu empfehlen, also allgemeine Faradisation, faradische resp. sinusoidale Vollbäder, galvanische monopolare Ka-Bäder oder Vierzellenbäder (S. 132ff.).

Enuresis nocturna.

Enuresis nocturna.

Es empfiehlt sich in der Regel nicht, zur Behandlung dieses Symptoms sich der bougieförmigen Elektroden zu bedienen, von denen verschiedene Formen (s. Fig. 42, S. 152) angegeben worden sind, und die in die Urethra eingeführt werden sollen, während der andere Pol, mit einer großen, indifferenten Platte bewaffnet, auf dem Sternum oder dgl. aufsitzt. Man sollte niemals ohne Not bougieren oder katheterisieren. Da überdies die meisten Bougieelektroden an ihrem Ende Metallknöpfe tragen, so verätzen sie leicht die Schleimhaut. Es genügt zweifellos, um recht günstige Resultate zu haben, eine „externe" Behandlung: man kann entweder die eine Elektrode (Ka) an die Lumbalgegend, und die andere (An) auf das Perineum setzen und nun mittelstarke (2—6 MA) galvanische oder auch allmählich bis zu ziemlich hoher Stärke anschwellende faradische Ströme (S. 124) durchleiten: oder die Ka sitzt in der Lumbalgegend, die An über der Symphysis ossium pubis, und man verfährt in derselben Weise; oder schließlich: die An sitzt an der Symphyse, die Ka am Perineum. Wieder ist das Verfahren das gleiche.

In allen Fällen wähle man die Elektroden von gleicher und mittlerer Größe (ca. 20—50 qcm).

Auch die Blasenbeschwerden der Tabiker oder der anderen Rückenmarksleidenden und die der Neurasthenischen und Hysterischen kann man in ähnlicher Weise behandeln. (Näheres s. auch bei „Erkrankungen innerer Organe".)

Zur Behandlung mit der bougieförmigen Elektrode sollte man sich nur ausnahmsweise entschließen, also in sehr hartnäckigen Fällen, oder (z. B. bei neurasthenischen und hysterischen Urinbeschwerden) um einen bestimmten suggestiven Effekt zu erzielen. Dann aber ist immer der faradische Strom vorzuziehen oder — wenn durchaus galvanisiert werden soll — wenigstens fortwährendes Unterbrechen oder Stromwenden (Voltasche Alternativen) vorzunehmen. Es braucht nicht gesagt zu werden, daß sorgfältigste Asepsis bei Einführung der Elektrode zu beobachten ist. —

f) Gelenkerkrankungen.

Gelenkleiden.

Von der elektrischen Behandlung ausgeschlossen sind akute, namentlich eitrige oder sonstige infektiöse Gelenkleiden*). Für die

*) Neuerdings werden auch gegen frische Gelenkkrankheiten elektrotherapeutische Methoden angegeben: so namentlich Kathoden-Iontophorese (s. unten) mit Salizyllösungen gegen akuten Gelenkrheumatismus (Roques); Galvanisation gonorrhoischer und tuberkulöser Gelenkaffektionen mittelstarker — 30—60 MA — durch das Gelenk geleiteter Ströme (Chanoz und Lévèque, Delherm).

übrigen, also namentlich die subchronischen und chronischen, ist die Therapie im großen und ganzen die gleiche, mögen sie auch noch so verschiedene Ätiologie und anatomische Grundlage haben. Man wendet nämlich vorwiegend folgende Methoden an:

1. eine Durchströmung des erkrankten Gelenks mit nicht zu schwachen (faradischen oder besser galvanischen) Strömen, wobei das Gelenk zwischen die beiden Elektroden genommen wird. Die Größe der Elektroden hängt von der Größe des Gelenks ab; die Dauer der Durchleitung beträgt ca. 10 Minuten. Man rechnet dabei auf eine chemische Wirkung des Stromes. Neuerdings empfehlen die Autoren sehr starke Ströme (bis 50 MA) oder auch kontinuierlich sehr lange, z. B. die ganze Nacht durch, einwirkende sehr schwache galvanische Ströme (Le Fort und Valtat, Larats elektrisches Thermoplasma).

2. kann man eine Rollung der Gelenkgegend mittels der Massagerolle vornehmen, wobei man wiederum mittelstarke faradische (ev. auch galvanische) Ströme verwendet; bzw. die manuelle elektrische Massage (s. S. 125).

3. ist es oft sehr zweckmäßig, sich elektrischer Bäder zur Behandlung artikulärer Erkrankungen zu bedienen, und zwar entweder (bei ausgedehnter Polyarthritis) der Vollbäder (s. S. 132ff.); oder man kann bei mehr zirkumskripten Erkrankungen, z. B. bei einer, Hand oder Fuß allein betreffenden, subchronischen oder chronischen Arthritis rheumatica oder urica, auch bei Ankylose der Hand und Fingergelenke usw. lokale Bäder versuchen. Man leitet den faradischen (sinusoidalen) oder galvanischen Strom durch das Bad, indem man eine indifferente Elektrode am Körper, z. B. am Sternum, befestigt und die andere in ein Holz- oder Tongefäß (Topf, Eimer, Schüssel, Fuß- oder Sitzbadewanne), das mit warmem Wasser gefüllt ist, versenkt, ohne daß der Körper die im Wasser befindliche Elektrode berührt, resp. indem man die Leitungsschnur des zweiten Pols mit einem leitenden Badegefäß (z. B. einem metallenen Topf oder einer Wanne) durch eine daselbst angelötete Polklemme verbindet, so daß das Badegefäß gewissermaßen als Elektrode an die Leitungsschnur angeschraubt wird. Eine auf den Gefäßboden gelegte Holzplatte verhindert im letztgenannten Falle unliebsame Berührungen der Haut mit dem Gefäßmetall. — Zum Baden zweier Extremitäten benutzt man zwei Gefäße in der Art, daß man in jedes je eine Elektrode taucht, z. B. zwei Töpfe für beide Hände, zwei Eimer für beide Füße. Auch alle vier Extremitäten kann man baden, indem man von vier Badegefäßen je zwei mit dem positiven und zwei mit dem negativen Pol durch gegabelte Leitungsschnüre verbindet. Eine Modifikation dieses schon recht lange bekannten und ebenso leicht wie wohlfeil herzustellenden Verfahrens stellt das Vierzellenbad dar (s. Fig. 35, S. 135). Die Wirkung lokaler galvanischer Bäder ist übrigens nach allgemeiner Annahme zuverlässiger als die der faradischen (und sinusoidalen). Neuerdings wird auch Franklinisation und Arsonvalisation (Kapitel 10 und 11) gegen Gelenkrheumatismus empfohlen.

Lokale elektrische Bäder.

Iontophorese.

4. Die Iontophorese (S. 108) wird als Heilmittel gegen chronische, in neuster Zeit auch gegen subakute und akute Gelenkkrankheiten gerühmt. Die Haut wird nach Frankenhäuser mit steriler Watte, mehrfach gefaltetem Filtrierpapier oder einem ähnlichen Stoffe bedeckt, der mit der einzuführenden Lösung durchtränkt ist. Eine unüberzogene Metall- (Stanniol-) Platte von großem Querschnitt dient als differente Elektrode, eine gewöhnliche, aber natürlich entsprechend größere indifferente Elektrode sitzt am Sternum od. dgl. Große Stromstärke und lange Dauer sind erforderlich, dagegen brauchen die Medikamentlösungen nicht konzentriert zu sein. Kokain, Morphium und Lithium werden von der differenten Anode, Jod und Salizyl von der differenten Kathode aus eingeführt.

5. muß man bei Bestehen von Muskelatrophien, wie sie sich häufig an Gelenkerkrankungen, Frakturen u. dgl. anschließen, in der gewöhnlichen Weise (s. S. 121 ff.) die lokale Muskelbehandlung vornehmen, nach Frakturen eventuell prophylaktisch schon im Verbande eine Faradisation der Nervenstämme und der Muskeln (Hoffa, Zimmern).

Zur Behandlung der Gelenkneuralgien oder der schmerzhaften Gelenkneurosen verfahre man nach den allgemeinen, für die Neuralgiebehandlung angegebenen Prinzipien (s. oben S. 116 ff., und vgl. auch das Kapitel über Arsonvalisation).

Nach den für die Gelenkleiden gültigen Grundsätzen behandle man auch die Sehnen- und Sehnenscheidenerkrankungen; Besonderes ist hierüber nicht zu bemerken.

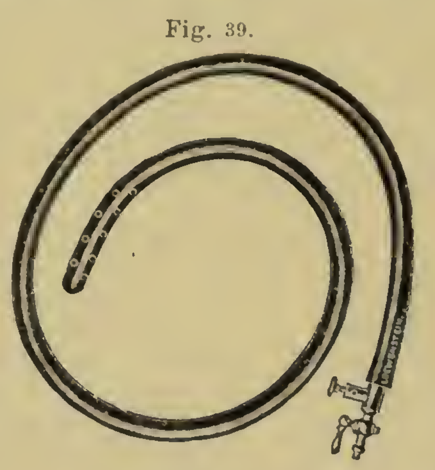
---

g) Erkrankungen der inneren und Sinnesorgane und Allgemeinkrankheiten.

Für die verschiedenen inneren Organe sind spezielle Metallelektroden konstruiert, um bei äußerer Applikation des einen Pols den andern in das Innere des Organs einführen zu können; solche Elektroden existieren z. B. für den Magen (Fig. 39), den Mastdarm (Fig. 40), den Kehlkopf (Fig. 41), die Nase, die Blase (Fig. 42), die weiblichen Genitalien. Alle Metallelektroden können, wenn sie mit dem galvanischen Strom eingeführt werden, leicht die Schleimhäute anätzen. Deshalb sind sie im allgemeinen zu verwerfen. Werden sie trotzdem angewandt, dann sind fortwährende Unterbrechungen oder Stromwendungen (Voltasche Alternativen, s. S. 120) auszuführen, um keine Ätzwirkung eintreten zu lassen. Für den faradischen Strom können solche Elektroden (z. B. für den Magen verschluckbare oder in Form eines Magenschlauches nach vorherigem Genusse von 1—2 Gläsern Wasser eingeführte) eher verwendet werden. Meistens sind sie auch dafür überflüssig und können mit demselben Erfolge durch äußere Applikationen des Stromes ersetzt werden: die inneren Applikationen sind — daran ist trotz vereinzelter gegenteiliger Behauptungen (z. B. von

Bucelli) festzuhalten — nur im Notfalle oder zum Zwecke besonderer suggestiver Wirkungen zu verwerten, insbesondere seit mittels des Röntgenverfahrens speziell für den Magen nachgewiesen ist, daß die externe Behandlung wirksamer ist als die interne (Sgobbo). Sollte aus irgendwelchen — z. B. suggestiven — Gründen interne Behandlung gewählt werden, so sind diejenigen Elektrodenformen zu bevorzugen, die das Metall als biegsamen Stab in einem perforierten Kautschukschlauch enthalten, und die deshalb eine vorherige Anfüllung des Organs mit Wasser erfordern (Fig. 39). Sie sind zwar umständlicher zum Gebrauch, verhindern aber stärkere Reizung oder gar Anätzung der Organwand. — Diese Sonden- oder Schlauchelektroden ersetzen übrigens gleichsam nur die bald zu erwähnende große (indifferente) Plattenelektrode. Sie bleiben unbeweglich, während die differente — externe — Elektrode beweglich ist. Die Behandlungsmethoden sind die folgenden:

Fig. 39.



Magenelektrode.

Magen- und Darmkrankheiten.

1. Die Magen- und Darmkrankheiten werden vorwiegend mit faradischen und zwar meistens ziemlich starken Strömen behandelt. Besonders fallen in den Bereich der Elektrotherapie die atonischen Zustände (Atonia ventriculi; nervöse, katarrhalische oder nach Ulkus zurückgebliebene Ektasie; Gastroptose; Ructus und Vomitus nervosus; Darmatonie; chronische habituelle Obstipation; chronische Katarrhe). — In diesen Fällen setzt man eine Platte von 400 bis 500 qcm Q gut durchfeuchtet auf den Rücken oder den Nacken, während eine kleinere von ca. 50—100 qcm Q oder eine Massagerolle labil in der Richtung der Peristaltik mit Druck über den Magen oder Dickdarm geführt, bzw. stabil — eventuell in mehreren Stationen — über einzelnen Punkten, z. B. den Fossae iliacae, aufgesetzt wird; an diesen Punkten kann man auch, wenn die differente Elektrode einen Unterbrecher trägt, Unterbrechungen ausführen. Die Ströme müssen dabei ziemlich beträchtlich sein. — Dauer 10—15 Minuten. —

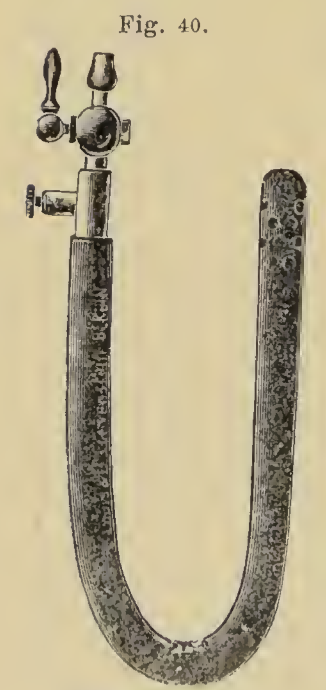
Manche, besonders neuere Autoren ziehen den galvanischen Strom vor. Bei Subazidität des Magensaftes scheint er sogar dem faradischen überlegen zu sein. Bei indifferenter großer Rückenplatte (s. oben) läßt man eine Kathode labil über den Magen bzw. Darm ca. 10—20 Minuten in der Richtung der Peristaltik gleiten; Stromstärke bis 50 MA. — Auch der kombinierte Strom wird in ähnlicher Weise angewendet. Nach v. Luzenberger soll die besten Resultate bei Subazidität die Franklinisation (10. Kapitel) ergeben.

Damit kann man dann noch (bes. bei Obstipation) die Galvanisation der Splanchnici (Ka bei starken Strömen am 6.—12. Brustwirbel) verbinden. Auch statische Bäder sollen (nach Laquerrière) gegen Verstopfung empfehlenswert sein.

In manchen Fällen ist eventuell (s. oben) auch interne Faradisation zulässig, wobei die innere Elektrode feststeht, während die äußere labil geführt wird. Die innere wird wie eine Magensonde eingeführt; es gibt jedoch auch Elektroden (Einhorn), die vom Patienten hinuntergeschluckt werden — oder richtiger: hinuntergeschluckt werden sollen; denn die Mehrzahl der Patienten bringt dieses Schlucken nicht zustande. — Kontraindiziert ist die Methode bei Vomitus, Ructus und Regurgitation. Jede Elektrisation ist verboten bei frischem Ulkus, akuten Katarrhen, Tumoren, Tuberkulose, drohender Peritonitis*); auch bei Hypersekretion wird meist davon abgeraten.

Kräftige labile Darmfaradisation, -Galvanisation oder -Galvanofaradisation (mit Ka am Rücken oder — weniger empfehlenswert — im Mastdarm) soll in einigen Fällen Darmokklusionen und hartnäckige akute Verstopfungen beseitigt haben; sie muß dann etwa 2—3 mal täglich $^1/_4$ Stunde lang ausgeführt werden. Über die Kautelen bei interner Behandlung (Darmelektrode, s. Fig. 40) gilt wieder das oben Gesagte. Die von Magenärzten vielfach als elektrotherapeutisches Universalverfahren geübte Faradisation oder Galvanisation des Verdauungstraktus, bei welcher eine Elektrode in den Magen oder das Rektum eingeführt wird und die andere auf dem Bauch sitzt, stellt eine Behandlung mit zwei indifferenten Elektroden dar, ist also höchstens als Suggestionsmittel zulässig.

Fig. 40.



Darmelektrode.

Es soll sogar gelungen sein, eingeklemmte Hernien durch kräftige, 10—15 Minuten lang ausgeführte, lokale oder Bauchmuskelfaradisation zu reponieren (?), und Doumer gibt an, daß bei Anwendung seines elektrischen Enteroklysma (interner Galvanisation mittels einer Kautschuksonde mit innerem Metallstabe) 30 % dieser Fälle ohne Operation heilen können. Auch Bergonié, Luzenberger u. a. empfehlen das Verfahren dringend bei Darmverschluß, Bleikolik und Enteritis membranacea.

Für die motorischen und sensiblen Reizzustände im Gebiete des Digestionstraktus gilt im allgemeinen das oben bei Neuralgien und Krämpfen Erörterte: Gastrospasmus, Cardiakrampf, Bleikoliken, Magenkrisen infolge spinaler Krankheiten, Cardialgien und Darmneuralgien werden gewöhnlich mit der lokalen (50—100 qcm großen) Anode galvanisiert, wobei die große indifferente Ka am besten am Rücken sitzt. Auch das Ein- und Ausschleichen wird in der üblichen

*) v. Luzenberger, Blasi u. a. wollen bei chronischer tuberkulöser Peritonitis von Galvanisation quer durch das Abdomen mit zwei großen Elektrodenplatten bei ca. 50 MA, ev. unter gleichzeitiger Jodkataphorese (S. 108 u. 146) gute Erfolge gesehen haben.

Weise vorgenommen, nur sind die Ströme erheblich stärker, bis 15 und 25 MA.

Andere empfehlen faradische Bürstung oder anschwellende Induktionsströme (s. S. 124) sowie Franklinisation (Kapitel 10), gegen Magenkrisen und Bleikoliken auch interne Galvanisation. Bei dem sog. Sodbrennen infolge von Hyperazidität und bei Übelkeit sollte man außer den oben erwähnten „sedativen“ Methoden die Galvanisation des Sympathikus oder Vagus (absteigend vom oberen Ende der Fossa carotica zum Jugulum, mit schwachen Strömen) versuchen. —

Ähnlich wie Neuralgien sind auch die eigentlichen Magendarmneurosen zu behandeln (Dyspepsia nervosa, Bulimie, Anorexie, Diarrhoea nervosa, Enteritis membranacea usw.). Doch empfiehlt sich hier in erster Reihe eine Allgemeinbehandlung (allgemeine Faradisation oder Galvanisation, bzw. elektrische Bäder). Bei Dyspepsie kann man auch Faradisation quer durch die Hypochondrien vornehmen. —

Krampf und Lähmung des Sphincter ani wird analog allen übrigen Krampf- und Lähmungszuständen behandelt. —

Herzkrankheiten.

2. Herzkrankheiten. Gegen funktionelle Herzmuskelinsuffizienz verschiedener Genese (z. B. nach Infektionskrankheiten) wird neben leichter Faradisation der Herzgegend vor allem Hydro-Elektrotherapie empfohlen (schwache faradische Bäder). In den letzten Jahren werden die hydroelektrischen Voll- und Zellenbäder in immer steigendem Maße auch von Autoren, die den theoretischen und diagnostischen Anschauungen der Hauptverfechter dieser Methode nicht beistimmen (s. 12. Kapitel den Abschnitt über Sinusoidalströme), bei organischen Herzkrankheiten (Klappenfehlern, chronischer Myokarditis, Arteriosklerose) angewendet. Nach der Mehrzahl der Berichterstatter sind die Erfolge dabei ganz außerordentlich. Über die Technik der Bäder s. oben S. 132ff. Galvanische (und undulierende, s. 12. Kapitel), also Gleichstrombäder sollen blutdruckerniedrigend, gefäßerweiternd, „herzübend“ wirken und sind bei Kompensationsstörungen kontraindiziert. Faradische (und sinusoidale) Wechselstrombäder sollen „herzschonende“ Bedeutung haben. Nach Galli u. a. können sie unter den notwendigen Kautelen, vor allem bei vorsichtiger Dosierung, auch Kranken mit Kompensationsstörungen, mit Myokarditiden usw. verabfolgt werden. Außer diesem Verfahren kommt auch die Hochfrequenzbehandlung (vgl. Kapitel 11) bei Herzleiden, namentlich bei Arteriosklerose in Betracht. Über Franklinisation bei Arrhythmie usw. s. Kapitel 10, über Herzneurosen, Angina pectoris usw. S. 139, über Dysbasia arteriosclerotica S. 142.

Gegen Kollaps wird Faradisation der Nn. phrenici sowie lokale faradische Bürstung der Gesichts-, Brust-, Hand- und Fußhaut empfohlen.

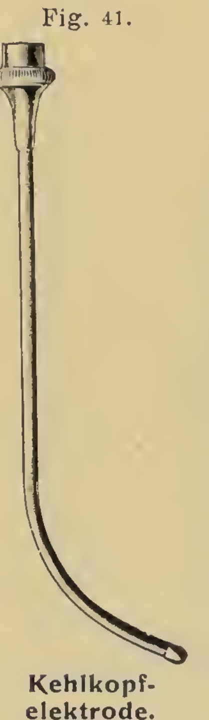
Bei Aortenaneurysmen wird (abgesehen von der hier nicht zu erörterenden Elektropunktur) geraten, einen galvanischen Strom von 10—20 MA (An auf dem Aneurysma, Ka auf dem Rücken) 15—30 Minuten lang hindurchzuleiten (Gallozzi und Vizioli u. a.).

Gegen Varizen und variköse Ulzera sollen lokale Wechselstrombäder gute Dienste leisten.

Kehlkopf- und Nasenkrankheiten.

3. Gegen Kehlkopfmuskellähmungen, namentlich die sog. myopathischen, nach toxischen und infektiösen Neuritiden oder Allgemeinkrankheiten restierenden oder auch durch professionelle Ermüdung bedingten Paresen der Glottisspanner und -schließer empfiehlt sich neben Aussetzen der Berufsarbeit tägliche perkutane Galvanisation des Kehlkopfs: zwei 3 qcm große, an gegabelter Leitungsschnur oder verstellbar an einem gemeinsamen Unterbrecherhandgriff (B. Fränkels Kehlkopfelektrode) befestigte Anoden sitzen auf den Schildknorpelplatten, in Zwischenräumen von 2—3 Sekunden werden bei 2—6 MA Stromstärke etwa 40 Unterbrechungen ausgeführt, deren jede Glottisschluß hervorruft. Weniger wirksam, aber zulässig ist auch bei übrigens gleicher Applikation der faradische Strom (Arthur Alexander). —

Fig. 41.



Kehlkopfelektrode.

Ähnlich, aber mit größeren Stromstärken, verfährt man bei den Neurosen, also bei hysterischer Aphonie (s. a. oben S. 137), wobei vielleicht neben dem rein suggestiven Effekt durch den erzwungenen Glottisschluß ein reflektorisch bahnender Einfluß auf die gehemmten Zentra ausgeübt wird, sowie bei funktionellem Stimmritzenkrampf. Bei den Neurosen ist auch endolaryngeale Faradisation mit nicht zu schwachen Strömen zulässig. Dazu dient eine sondenförmige Elektrode (Fig. 41), die entweder in einen Metallknopf oder in eine zur Aufnahme eines Wattebäuschchens bestimmte Öse ausläuft (Eulenburg). Mit dieser oder einer ähnlichen Elektrode behandelt man übrigens auch die nach Infektionen (Diphtherie u. a.) auftretenden Gaumensegellähmungen. (Über zentrale Schlucklähmungen vgl. S. 131. — Zur Reizung der Speiseröhrenmuskulatur werden die magensondenförmigen Elektroden verwendet.)

Die intralaryngeale faradische, nur im Notfalle bei degenerativen Prozessen galvanische, Muskelreizung dient vor allem zur Behandlung organisch-progressiver Kehlkopfmuskellähmungen, bei denen im Gegensatz zu den obengenannten die lediglich endolaryngeal erreichbaren Glottiserweiterer (Postikuslähmung) in erster Linie befallen werden. Das Aufsuchen der einzelnen Muskelpunkte unter Führung des Spiegels erfordert große Übung. Vorherige Kokainisierung und vorsichtige Stromdosierung sind unerläßlich. Indifferente An am Jugulum.

Gegen funktionell-professionelle Stimmschwäche (Mogiphonie, Phonasthenie) wird perkutane schwache Faradisation des Larynx neben der Übungstherapie angewendet. Th. S. Flatau hat eine fixierbare Elektrode konstruiert, die für diese Fälle gleichzeitige Faradisation und Vibration gestattet; an Stelle der faradischen verwendet er auch mit Vorteil Leducsche Ströme (vgl. Kapitel 12).

Für den gleichen Zweck dient Gutzmanns Apparat zur isochronen Elektrisation und Vibration des Kehlkopfs mittels elektrisch betriebener Stimmgabeln.

Der letztgenannte Autor empfiehlt gegen das Näseln (Rhinolalia aperta) zur Unterstützung der Sprachübungen einen dem Gaumen adaptierten Handobturator, der beim Intonieren gegen den Gaumen gedrückt und mit dem faradischen (oder bei fehlender faradischer Erregbarkeit mit dem galvanischen) Strom verbunden, eine Kombination von Elektro- und Mechanotherapie ermöglicht.

Interne Galvanisation der Nase mit sondenförmiger Elektrode (Kathode) bei vorsichtiger Stromdosierung, 5—15 Minuten lang, wird gegen Rhinitis atrophica, ähnliche Behandlung mit zwei Sondenelektroden — eine in der Nase, eine im kokainisierten Pharynx — gegen chronische Pharyngitis empfohlen.

Bei nervösem Husten tut faradische Bürstung der Brust und des Halses sowie Durchströmung des Larynx mit galvanischen Strömen nicht zu hoher Stärke oft gute Dienste. Galvanische Ströme am Halse (Ka im Nacken, An an der Seitenfläche) empfiehlt Stembo als Expektorans.

Gegen Bronchialasthma kann Galvanisation der Medulla oblongata (S. 130), des N. sympathicus und N. vagus (S. 139 u. 149), Faradisation der Nn. phrenici (S. 41) und lokale Faradisation der Thoraxmuskeln mit wandernder Elektrode (S. 121) versucht werden. Günzel empfiehlt im Anfall Anodenbehandlung der seitlichen Kehlkopfgegend mit undulierendem Strom (s. 12. Kapitel) bei 4 MA, 5—10 Minuten. Er bedient sich dafür einer Doppelelektrode, eine indifferente Platte liegt quer über dem Thorax. Auch interne Nasenbehandlung mit der gleichen Stromart (2—3 MA, biegsame Drahtelektrode als Anode in der Nase) soll bei Mißerfolg des ersten Verfahrens oft erfolgreich sein.

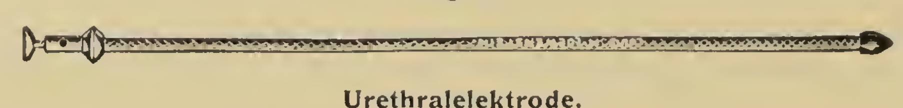
Blasen- und Sexualkrankheiten.

4. Blasen- und Sexualkrankheiten (s. auch S. 138 u. 144). Gegen die Krampfzustände der Blase (Tenesmus) wird stabile Anodenbehandlung des Lenden- und Sakralmarks oder faradische Pinselung dieser Region, sowie des Perineums und der Symphysengegend angewandt. Auch kann man eine An auf das Perineum und eine große Ka auf die Symphyse setzen und den galvanischen Strom durchleiten. Für diese Fälle ist vor interner Behandlung gradezu zu warnen (s. S. 144 u. 146). Dagegen sind galvanische Sitzbäder gelegentlich nutzbringend.

Über die Behandlung der Lähmungen und Paresen ist oben (S. 144) bereits das Wesentlichste gesagt worden. Hinzugefügt sei, daß manche bei Inkontinenz die Behandlung von der Lumbalgegend zum Perineum, bei Retentio urinae die von der Lumbalgegend zur Symphyse bevorzugen. — Wird in diesen Fällen aus irgendwelchen Gründen die interne Behandlung gewählt (Elektrode s. Fig. 42), so ist, wie nochmals wiederholt sei, lediglich der faradische Strom, der galvanische nur unter fortwährenden Stromwendungen oder Unterbrechungen gestattet.

Bei Inkontinenz wird die bougieförmige Elektrode nur bis zum Blasenhals (Sphinkter) eingeführt, bei Retentio in die Blase selbst (vorherige Füllung mit warmem Salzwasser wird empfohlen). — Man hat auch geraten, eine Elektrode des galvanischen Stromes (An) in das Rektum einzuführen, während die andere (Ka) auf der Symphyse sitzt. Diese Methode, deren Wert nicht ganz feststeht, ist jedenfalls noch akzeptabler als die, bei der eine Elektrode ins Rektum, die andere in die Blase gebracht werden soll; ich halte die letztgenannte für bedenklich.

Fig. 42.



Urethralelektrode.

Bei Prostatahypertrophie und Prostatitis setzt man eine galvanische Ka ins Rektum, indem man sie gegen die Vorderwand drückt; eine große An sitzt dabei auf dem Perineum. Dauer 5—10 Minuten; mittlere Stromstärke. Bei Schmerzhaftigkeit der Prostata ist die Polanordnung die umgekehrte. Eine Elektrode zur Elektromassage der Prostata vom Rektum aus ist von Scharff konstruiert worden.

Gegen Dysmenorrhöe werden die Zweizellenbäder (s. S. 134) und das statische Luftbad (s. 10. Kapitel) empfohlen. Über Behandlung der Genitalleiden mit undulierenden Strömen s. 12. Kapitel; über Behandlung der Impotenz und Frigidität S. 138.

Der faradische Strom ist wiederholt als wehentreibendes Mittel angewandt worden (Faradisatio uteri).

In Form der Franklinisation (statische Bäder und Funken gegen die Oberschenkel, s. Kap. 10) und der intravaginalen resp. intrauterinen Faradisation resp. Kathodengalvanisation soll die Elektrizität bei Amenorrhöe ein wirksames Emmenagogon sein. Apostoli, Laquerrière u. a. empfehlen interne Galvanisation mit starken Strömen 5 Minuten lang bei Fibromen und Myomen des Uterus, soweit es sich nicht um Polypen handelt oder durch Eiterung, Gangrän, Karzinom, Zysten usw. nicht lokale Kontraindikationen abgegeben werden. —

Alle diese Methoden sowie auch die gegen Blutungen post partum oder post abortum empfohlene intrauterine Faradisation mit Primär-Induktionsströmen haben, soweit ich sehe, nicht viele Anhänger gefunden. Die Gründe dafür liegen auf der Hand.

Augenkrankheiten.

5. Augenkrankheiten (s. auch oben S. 130).

Bei Atrophia N. optici sollen nach Mann mit folgenden Methoden gute Erfolge erzielt werden: 1. Kathode von 50 qcm im Nacken, Anode von 15 qcm auf dem Auge, Ströme von 2—10 MA, 10—30 Minuten; 2. Quergalvanisation durch die Schläfen, dabei Ka auf der kranken Seite, beide Elektroden 20 qcm Q, gleiche Dauer und Stromstärke.

Gegen Blepharospasmus ist galvanische stabile Anodenbehandlung (S. 116f.) oder anschwellender faradischer Strom (S. 124)

zu versuchen. Bei Ektropion soll labile Ka am Lid mit schwachen Strömen ($^1/_2$—3 MA) mit Vorteil verwendet worden sein; es dürfte indessen dabei wohl sehr wesentlich sein, welche Ursache dem Ektropion zugrunde liegt.

Hinzugefügt sei hier ferner, daß gegen chronische Entzündungen der Retina und der Iris eine Art faradischer Massage empfohlen wird: Friktionen der Lider mit einer kleinen Elektrode oder mit den Fingern der „faradischen Hand" (s. S. 137). Für die gleichen Krankheiten ist eine kleine Vorrichtung zu „elektrischen Augenbädern" konstruiert worden. Alle diese therapeutischen Vorschläge sind wohl mit Vorsicht aufzunehmen. Relativ am zweckmäßigsten erscheint stabile Galvanisation (Anode auf dem Auge) oder schwache langdauernde Faradisation (etwa $^1/_2$ Stunde).

Das letztere Verfahren soll auch bei Konjunktivitis und Keratitis die Lichtscheu bessern und bei Skleritis und Episkleritis in hohem Grade schmerzstillend wirken. Eine kappenförmige, mit hydrophiler Gaze ausgepolsterte, fixierbare Augenelektrode (v. Reuß u. a.) ermöglicht ein langes, selbst stundenlanges Einwirken schwacher Induktionsströme.

Bei Hornhauttrübungen ist stabile galvanische Kathode ($^1/_4$—$^1/_2$ MA, 1—4 Minuten), bei Glaskörpertrübungen stabile Anode (2—4 MA, 15—20 Minuten) über dem geschlossenen Lide zu versuchen. Neuerdings empfiehlt Wirtz gegen eine Reihe von Hornhaut- und Bindehauterkrankungen die Iontophorese (s. S. 146), und zwar mit Zink bei Ulcus corneae und Erosionen, Konjunktivitis und Blepharitis, mit Jodnatrium bei parenchymatöser Keratitis, mit Kochsalz bei Macula corneae, mit Cuprum sulfuricum bei Trachom usw.

Ohrenkrankheiten.

6. Ohrenkrankheiten. Gegen Ohrgeräusche aller Art (Arteriosklerose, Mittelohr- und Labyrintherkrankungen, Hysterie usw.) wird, wenn sie einseitig sind, Ohrgalvanisation in der Weise vorgenommen, daß man von zwei gleich (15—20 qcm) großen Elektroden die An auf das kranke, die Ka auf das gesunde Ohr setzt und nun vorsichtig 2—5 MA stabil hindurchschickt. Manche empfehlen auch, nicht immer die An, sondern denjenigen Pol auf das kranke Ohr zu bringen, von dessen Einwirkung vorherige Prüfung ergeben hat, daß sie bei gewisser Stromstärke die Geräusche zu unterdrücken imstande ist. Immer ist vorsichtiges Ein- und Ausschleichen nötig. — Bei doppelseitigen Geräuschen setzt man eine indifferente Elektrode (meistens Ka) aufs Sternum und zwei an einer gegabelten Leitungsschnur befestigte Elektroden (meistens Anoden) auf beide Ohren und verfährt im übrigen wie oben angegeben (s. auch das Kapitel „Arsonvalisation").

In gleicher Weise wird die Hyperästhesie des N. acusticus behandelt, während peripherische Hyperästhesie der Muschel und des äußeren Gehörgangs mit den üblichen Methoden (stabile Anodengalvanisation, faradischer Pinsel usw.) zu bekämpfen ist. Zur Behandlung des äußeren Gehörgangs kann man auch eine besondere Ohrelektrode benutzen.

Gegen die Menièresche Krankheit wird, wie gegen die übrigen Schwindelzustände, Kopfläugs- und Quergalvanisation sowie die Anodengalvanisation des Ohres gebraucht.

Haut-krankheiten.

7. Bei einigen Hautkrankheiten, z. B. Prurigo, soll man nach einigen Autoren die Sympathikusgalvanisation, bei Jucken infolge von Lichen ruber auch stabile galvanische Durchströmung oder lokale Faradisation versuchen. Sublimatkataphorese wurde bei Akne, Furunkulose, Acne rosacea usw. angewendet. Über Arsonvalisation bei Hautkrankheiten s. das betr. Kapitel. Über Herpes, Alopecie usw. vgl. S. 142.

Chlorose.

8. Gegen Chlorose und Anämie sind allgemeine Faradisation, allgemeine Galvanisation oder elektrische Bäder mitunter von Vorteil. S. übrigens Kapitel 11.

Stoffwechsel-krankheiten.

9. Die Behandlung der Stoffwechselkrankheiten s. im Kapitel „Arsonvalisation". Bei Fettleibigkeit ist allgemeine Faradisation oder ein elektrisches Vollbad zu versuchen (s. auch S. 132 ff.).

---

9. Kapitel.

II. Über galvano- und faradotherapeutische Apparate.

Es kann nicht die Aufgabe eines elektrotherapeutischen Leitfadens sein, eine Beschreibung aller oder auch nur vieler von den zahlreichen Apparaten und Hilfsapparaten zu geben, die für die elektrische Diagnostik und Behandlung empfohlen und konstruiert worden sind. Es muß demjenigen, der einen Apparat erwerben will, überlassen bleiben, sich an der Hand der von den großen Firmen herausgegebenen Kataloge über die einschlägigen Fragen zu orientieren. Es soll hier nur in Kürze auf diejenigen Punkte hingewiesen werden, die bei der Anschaffung, Auswahl und Benutzung eines Apparats für Galvanisation und Faradisation maßgebend sein müssen. Die Anforderungen, die an einen guten Apparat zu stellen wären, sind:

1. Möglichste Konstanz der Stromquelle, 2. möglichste Exaktheit, Zuverlässigkeit und Handlichkeit der Nebenapparate, 3. möglichste Billigkeit.

Als Stromquellen kommen in Betracht a) Elemente (Batterieapparate), b) die Dynamomaschinen von Elektrizitätszentralen (Anschlußapparate). Die Konstanz der letzteren ist gewährleistet, die der ersteren erfordert besondere Kautelen.

Die konstanten Elemente.

Konstante Elemente.

Wenn man ein Element in einfacher Weise (s. S. 1) so zusammenstellt, daß man zwei Metallstücke, z. B. ein Stück Zink und ein Stück Kohle, in eine Flüssigkeit (Säurelösung) tauchen läßt, so geht während der ganzen Dauer des Eintauchens eine Elektrolyse des in der Lösung enthaltenen Wassers vor sich, eine Trennung in H und O. Während sich der Wasserstoff am negativen Metall, an der Kohle, ansetzt, ver-

bindet sich der Sauerstoff mit dem positiven Metall, dem Zink, zu Zinkoxyd; enthält nun die Säure z. B. Schwefel, so verbindet sich das Zinkoxyd mit diesem zu Zinksulfat, welches sich in der Flüssigkeit auflöst. So tritt erstens eine allmähliche Verkleinerung des Zinks ein, zweitens eine allmähliche Umhüllung der Kohle und drittens eine allmähliche Veränderung der Elementflüssigkeit. Alle drei Umstände tragen dazu bei, eine allmähliche Schwächung der (elektromotorischen) Kraft des Elements herbeizuführen. — Diesen Vorgang nennt man Polarisation. Er verursacht schließlich das Auftreten von immer stärkeren Gegenströmen in der Elementflüssigkeit und damit allmählich eine völlige Untätigkeit des Elements. Wenn man galvanische Batterien aus solchen oder ähnlichen (sog. Tauch-) Elementen anwendet, so muß man darauf achten, daß man 1. die Metalle nur während der Zeit der Benutzung in die Flüssigkeit tauchen läßt und nachher sofort aus derselben heraushebt; daß man 2. nach mehrtägiger Benutzung die Flüssigkeit erneuert, sobald man nämlich merkt, daß der Strom, den der Apparat liefert, allmählich schwächer wird; und daß man 3. nach mehrwöchentlichem resp. mehrmonatlichem Gebrauch die Zinkplatten erneuert.

Um die Übelstände zu vermeiden, die mit dem fortwährenden Füllen und Reparieren verbunden sind, und um eine größere Gleichmäßigkeit in der Leistung der Stromquelle zu erzielen, hat man mit Erfolg versucht Elemente zu schaffen, in denen die Polarisation möglichst vermieden wird und demgemäß keine oder doch nur eine sehr langsame Abnutzung eintritt, sog. konstante Elemente.

Von ihnen sind in erster Linie zu nennen:

1. Das Leclanché-Element (Fig. 43), das konstanteste und am meisten verbreitete Element. Es besteht aus einem Zinkstab, einem weiten Kohlebraunsteinzylinder, der den Stab umgibt, und einem engeren porösen Tonzylinder, der die beiden Metalle voneinander trennt und bis auf den Gefäßboden reicht. Die Flüssigkeit ist eine gesättigte Salmiaklösung. Durch die Trennung der Metalle voneinander wird die Elektrolyse und das Auftreten von Gegenströmen so erschwert, daß eine Polarisation erst nach mehrmonatlichem, intensivem Gebrauch auftritt. Man hat mit einer aus solchen Elementen bestehenden Batterie nichts weiter zu tun, als von Zeit zu Zeit, wenn man Nachlassen der Stromkraft merkt, Flüssigkeit aufzugießen. Erst nach Monaten oder (bei mäßigem Gebrauch) nach Jahren müssen die Zinkstäbe von angesetzten Kristallen gereinigt, resp. erneuert werden. — Von den zahlreichen Formen und Modifikationen dieses Elements ist in Berlin die in der Fig. 43 gegebene die verbreiteste.

Fig. 43.



Leclanché-Element.

2. Das Daniell-Siemenssche Element (Fig. 44, im Schnitt gezeichnet), früher sehr verbreitet, jetzt durch das vorige für medizinische Zwecke fast ganz verdrängt. Es besteht aus Zink, Kupfer und einer verdünnten Schwefel-

säurelösung. Das Kupfer bildet einen Stab mit unterem spiralförmigem Ende. Dieser Stab taucht in die Flüssigkeit, die außerdem Stücke von Kupfervitriol enthält. Das Zink bildet einen Zylinder, der den Kupferstab umgibt. Zwischen beiden Metallen befindet sich ein Trichter, dessen breite Öffnung auf dem Boden des Elementgefäßes aufruht, und der im oberen Teile aus Glas, im unteren aus Ton besteht. Durch aufgestopfte Pappe ist der Trichter in seiner Lage fixiert. Auf der Pappe sitzt also der Zinkzylinder; der Kupferstab steckt im Trichter. — Auch dieses Element ist sehr konstant.

Fig. 44.



Schnitt durch ein Daniell-Siemens-Element.

3. Die Trockenelemente verschiedenster Konstruktion. Sie werden viel häufiger zum Treiben transportabler als stationärer Apparate benutzt: sie haben den Vorzug leichter Transportfähigkeit, aber den Nachteil, daß sie nicht reparaturfähig sind, sondern nach Verbrauch durch neue ersetzt werden müssen. Ihre Zusammensetzung ist die der Leclanché-Elemente, nur enthalten sie an Stelle der Flüssigkeit als Bindemittel eine halbflüssige oder feste Substanz: Gelatine, Wasserglas, Gips.

4. Das Chromsäure- (Tauch-) Element, s. weiter unten.

Die Einrichtung eines stationären Batterieapparates und der Nebenapparate.

Stationäre Apparate.

Aus Leclanché-Elementen besteht die große Mehrzahl der Batterien, die zum Treiben der größeren, stationären Apparate benutzt werden. Die Batterie enthält etwa 30—60 Elemente, die meistens in einem Tischkasten in der oben (S. 3) geschilderten Weise „hintereinander gereiht" sich befinden. Außerdem stehen im Kasten noch zwei ebensolche (aber „gleichnamig" verbundene) Elemente, die zum Treiben des faradischen Apparates dienen. Die übrige Einrichtung eines solchen stationären Apparates für galvanischen und faradischen Strom ist oben (S. 3 ff.) ausführlich beschrieben worden. Es gibt natürlich zahlreiche Modifikationen in der Konstruktion des Apparats und der Nebenapparate, die aber hier nicht näher geschildert zu werden brauchen. Hervorgehoben seien nur folgende Punkte:

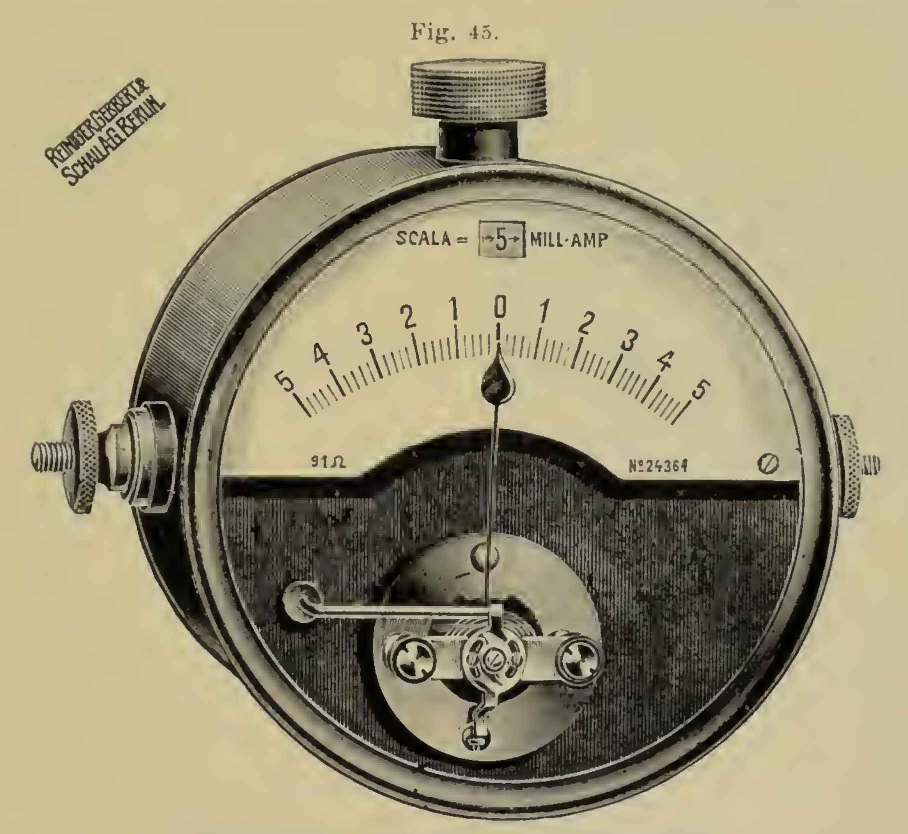
Als Rheostaten bedient man sich am besten der Metallrheostaten aus Neusilber-, Nickelin- oder ähnlichem Draht. Bei den von Leclanché-Elementen gespeisten Apparaten wird in der Regel aus technischen Gründen der Rheostat im Hauptschluß (s. S. 9 ff.) angebracht. Für kleinere, transportable Apparate werden auch Rheostaten aus anderem Material benutzt, die unten erwähnt werden sollen. Je größer der Rheostat ist (je mehr Widerstände und je mehr Kontakte er enthält), um so feinere Abstufung in der Stromstärke ist möglich.

Galvanometer.

Von Galvanometern ist gegenwärtig fast allein das von Deprez-d'Arsonval (Fig. 45) gebräuchlich. Im Gegensatz zu den älteren Instrumenten kann es nicht nur in jeder Lage — vertikal, horizontal, schräg — verwendet werden, sondern seine Nadel ist auch

vom Erdmagnetismus und anderen äußeren Einflüssen unabhängig und zeigt darum ohne jedes Hin- und Herschwanken sofort die Stromstärke an. Die Konstruktion dieser Meßapparate soll hier nicht näher besprochen werden; sie beruht auf der Einwirkung eines feststehenden Magneten auf eine bewegliche stromdurchflossene Spule; an der letzteren

Fig. 45.



Galvanometer nach Deprez-d'Arsonval.

ist der über die Skala gleitende Zeiger befestigt. Die genannten Instrumente erfüllen die Anforderungen, die an ein Galvanometer zu stellen sind, in nahezu idealer Weise.

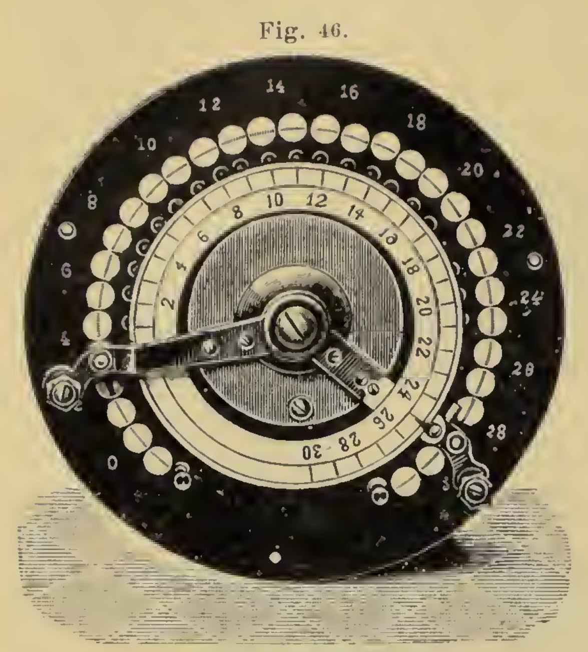
Sie werden in verschiedenen Größen angefertigt; die größten lassen ein Ablesen von kleinsten Bruchteilen eines MA zu, arbeiten also am exaktesten. Manche Fabriken fertigen neuerdings Meßapparate an, die vermittels einer kleinen Umschaltung bald als Galvanometer (Ampèremeter), bald als Voltmeter benutzbar sind, an denen man also nicht nur die Stromintensität, sondern auch die (Volt-) Spannung ablesen kann. Damit wird namentlich auf die oben (S. 56, Fußnote) erwähnten Duboisschen Versuche Rücksicht genommen, nach denen die galvanische Ka SZ nicht von der Intensität allein, sondern von der Spannung abhängt. Für den Praktiker sind solche Apparate in der Regel entbehrlich (s. dazu S. 101).

Elementenzähler.

Von Elementenzählern sind besonders die von Reiniger, Gebbert und Schall konstruierten zu erwähnen. Sie enthalten einen sog. „Doppelkollektor" (s. Fig. 46), der gestattet, eine beliebige Anzahl von Elementen einer Batterie (an irgendeinem Element der Reihe angefangen) in den Stromkreis zu bringen. Dadurch wird eine vollkommen gleichmäßige, ökonomische Ausnutzung der Batterie ermöglicht. Alle in Kurbelform angeordneten Elementenzähler (Kurbel-

kollektoren, z. B. auch der in Fig. 4 und 5) sind übrigens so konstruiert, daß jeder Kontakt des Zählers mehrere Elemente (5 oder 10) zusammenfaßt; die feinere Regulierung der Stromkraft geschieht mit dem Rheostaten (s. oben S. 11).

Fig. 46.



Doppelkollektor.

Der Preis eines stationären Apparates für faradischen und galvanischen Strom, der allen Anforderungen gerecht wird, schwankt in den Fabriken etwa zwischen 450—1000 M.

Anschluß-Apparate.

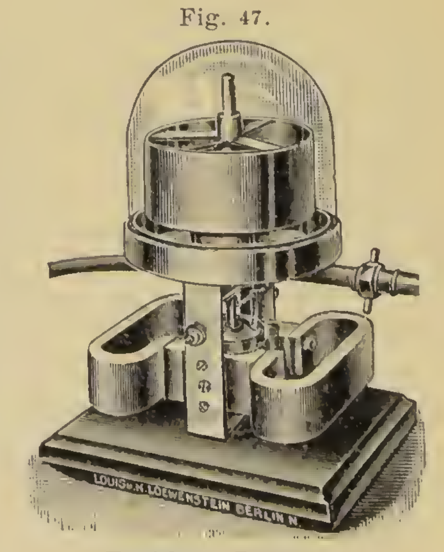
Anschluß-Apparate.

An Orten, in denen elektrische Beleuchtungs- oder andere Gleichstrom - Dynamo - Anlagen*) sich befinden, tut man am besten, die elektrotherapeutischen Apparate an die Licht- oder Kraftleitung anschließen zu lassen. Man erspart dann die Anschaffung von Elementen und die meisten Reparaturen. Durch eingeschaltete Widerstände (Glühlampen) wird an den hierfür konstruierten Apparaten der für unsere Zwecke zu starke Strom, der von den Zentralen geliefert wird, so weit abgeschwächt, um diagnostisch und therapeutisch mit Hilfe großer Rheostaten oder Spannungsregulatoren (Voltregulatoren, vgl. S. 11 Anmerkung), verwertet werden zu können.

Die Apparate sind billiger als die von Elementen getriebenen. Sie werden entweder, wie die von Batterien getriebenen, in Tischform hergestellt oder als Wandtableaus in oft recht gefälligen Formen (Fig. 48). Die Tableaus haben den Vorzug der Raumersparnis und der größeren Billigkeit, die Tische aber sind, weil sie größere Rheostaten enthalten können, zu feinerer Stromabstufung brauchbarer.

*) Wechselstrom- und Drehstromanlagen sind nicht zu verwenden. Ein Transformator, der Wechselstrom in Gleichstrom verwandeln kann, ist sehr kostspielig. Im übrigen ist die Gleichwertigkeit des so gewonnenen Stromes mit dem galvanischen zweifelhaft. — Vielleicht sind die an die Wasserleitung anschließbaren kleinen Turbinen-Dynamos (s. Fig. 47 einen solchen Apparat der Firma Louis und H. Löwenstein, Berlin) gelegentlich geeignet, da wo Wechselstromanlage besteht, oder da, wo überhaupt kein Anschluß an eine Zentrale möglich ist, als Ersatz für den Gleichstromanschluß zu dienen (Roth und Dessauer). Nach Gorodischtsch sind die damit erzielten therapeutischen Resultate zufriedenstellend.

Fig. 47.



Turbinen-Dynamo.

Neuerdings verfertigen die meisten Fabriken unter verschiedenen Namen (Multostat, Pantostat, Monopol usw.) kastenförmige Anschlußapparate auf rollbaren Stativen. Diese Apparate haben in den letzten Jahren größte Verbreitung gefunden und viele ältere Konstruktionen verdrängt. Gewöhnlich enthalten sie außer galvanischem, faradischem und galvanofaradischem Strom Vorrichtungen für Elektrolyse, Galvanokaustik, Beleuchtung und Vibrationsmassage und ermöglichen so zu einem relativ geringen Preis einen vielfältigen therapeutischen Gebrauch. Es ist indessen zu beachten, daß sie nicht den eigentlichen faradischen, sondern sinusoidalen Wechselstrom (s. 12. Kapitel) liefern, indem der zur Massage dienende Motor gleichzeitig als Umformer des Zentralenstroms dient. Die Messung dieses Stroms erfolgt aber nicht nach Millimetern RA, sondern an einer willkürlich graduierten Skala, und seine Regulierbarkeit wie übrigens auch die des galvanischen Stromes entspricht gewöhnlich nicht den für Diagnostik und sorgfältige Therapie zu stellenden Anforderungen. Durch Anschließen resp. Aufmontieren eines Duboisschen Schlittenapparats kann man diesen Nachteil wenigstens für den Induktionsstrom beseitigen. — Ein zweiter Nachteil, nämlich der, daß der als „galvanisch“ bezeichnete Gleichstrom gewöhnlich stark undulierenden Charakter hat (s. über pulsierenden Strom oder sinusoidalen Gleichstrom das 12. Kapitel), ist in den neusten Konstruktionen (Eulenburgs „erdschlußfreier Multostat“, Fig. 49) vermieden. Vorsicht bei Wahl solcher Apparate ist immerhin geboten.

Fig. 48.



Wandtableau für Anschluß an Zentralen.

Transportable Apparate.

Transportable Apparate.

Für Behandlung außerhalb der ärztlichen Wohnung werden Apparate angefertigt, die transportiert werden können.

Die faradischen transportablen Apparate (z. B. Fig. 50) sind nach demselben Prinzip konstruiert wie die stationären; nur sind die Spiralen gewöhnlich kleiner. Die Spiralen und ein oder zwei treibende (z. B. Leclanché-)Elemente befinden sich in einem verschließbaren

Holzkästchen. Durch Stöpselung oder durch Verschieben eines Kontakthebels (von einem Kontakt R [Ruhe] nach einem Kontakt T [Tätig-

Fig. 49.

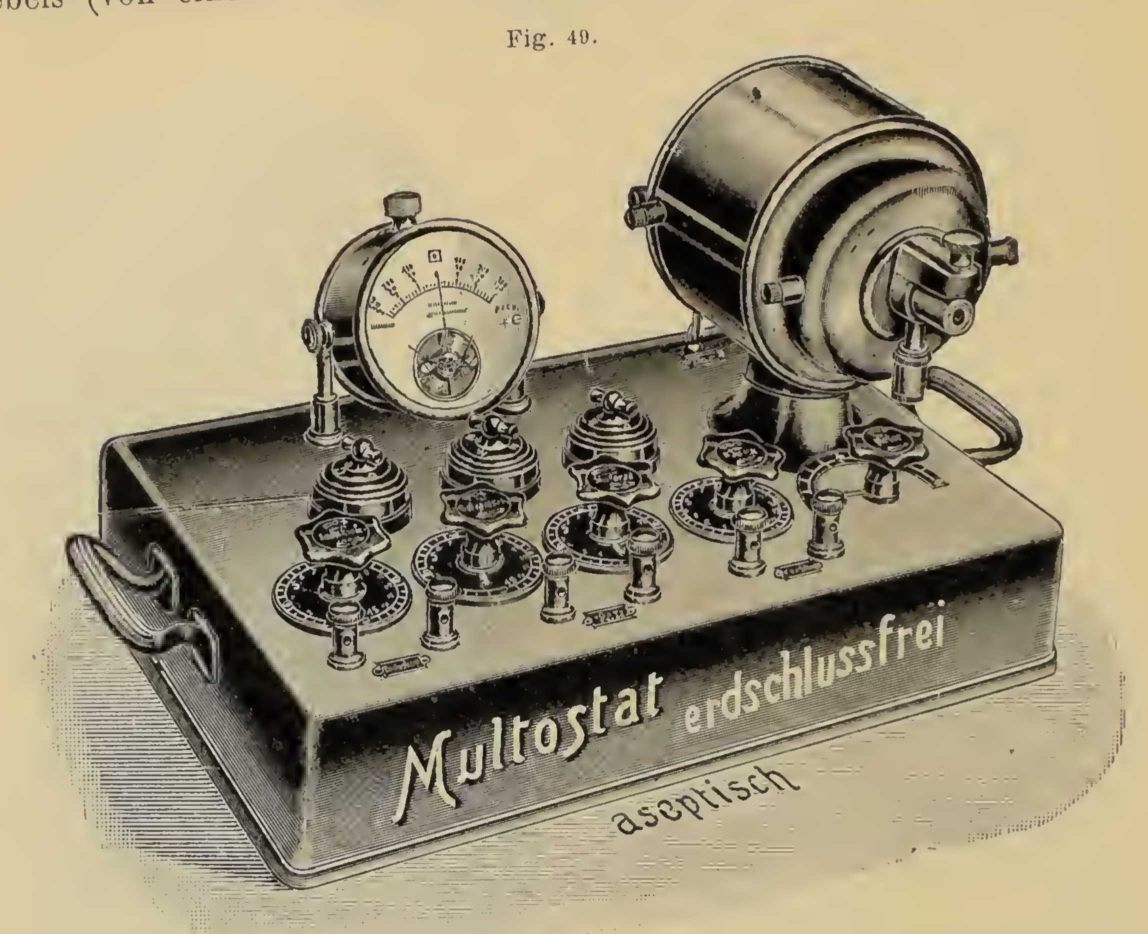
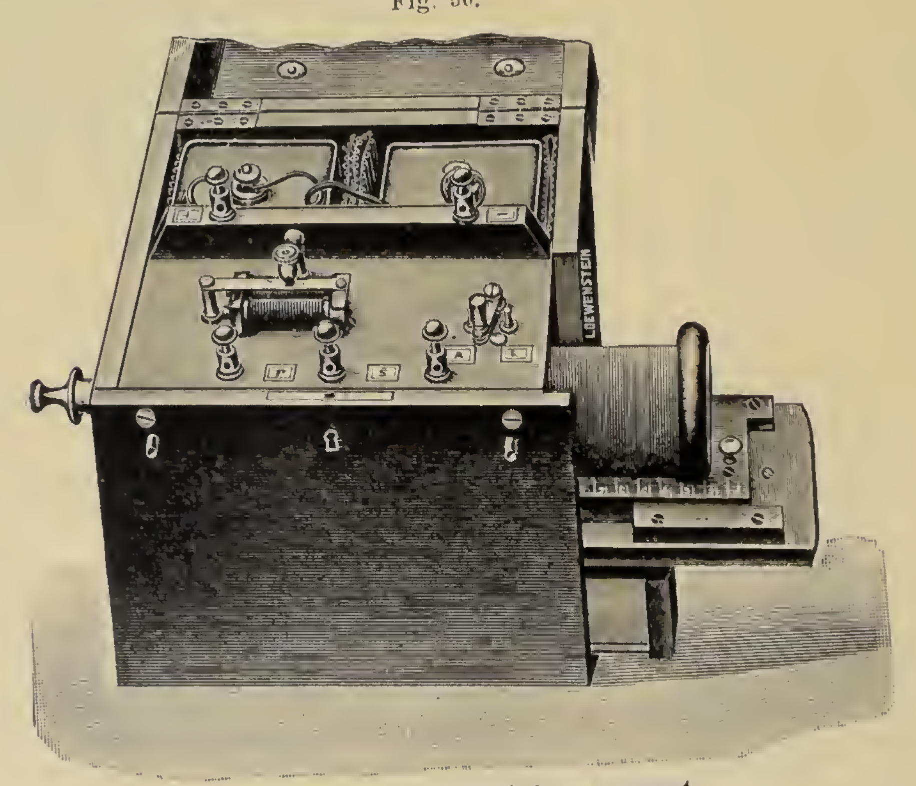


Fig. 50.



Transportabler Induktionsapparat.

keit] oder von Kontakt A [Ausschaltung] nach Kontakt E [Einschaltung]) wird der Apparat in Aktion gesetzt. Durch Herausziehen oder Hin-

einschieben der sekundären Spirale oder des Eisenkerns (s. S. 15) wird der Strom verstärkt oder abgeschwächt. An der Mehrzahl dieser transportablen Induktionsapparate ist auch die Möglichkeit gegeben, von besonderen, mit P bezeichneten, Polklemmen den primären Strom (Extrakurrent, s. S. 16) oder, was für den Praktiker das bequemste ist, von PS beide zusammen abzuleiten. Die besondere praktische Bedeutung der primären Ströme ist gering. — Je kleiner diese Apparate sind, um so unexakter arbeiten sie, und um so weniger sind sie besonders für elektrische Untersuchung zu benutzen, da sie meistens nur starke, aber nicht die zur Diagnostik ebenso notwendigen schwachen Ströme liefern. Die kleinen Apparate gestatten auch meistens nur die Regulierung mittels des Eisenkerns (s. S. 15), d. h. es ist der Raumersparnis wegen nur primärer Induktionsstrom (Extrakurrent) vorhanden. — Für den Gebrauch von Krankenhäusern werden transportable Apparate mit Anschlußvorrichtung konstruiert.

Es gibt auch transportable Induktionsapparate, die nicht von Leclanché-, sondern von Tauchelementen getrieben werden. Letztere werden in Form von Flaschen benutzt, die mit einer Chromsäurelösung*) gefüllt sind, und in welche ein Zink- und ein Kohlestab eintauchen. Als Stromquelle für faradische (auch stationäre) Apparate sind solche Chromsäureelemente sehr wohl brauchbar; nur muß jedesmal bald nach dem Gebrauch der Zinkstab herausgenommen und die Flüssigkeit öfters erneuert werden.

Am meisten werden für transportable Induktions-Apparate Trockenelemente verwendet (s. Fig. 50). Sie haben den Vorteil der sicheren Transportfähigkeit und einer großen Haltbarkeit. — Die Preise brauchbarer transportabler Apparate schwanken gewöhnlich zwischen ca. 40—80 M. Die billigeren sind meist für Diagnostik und methodische Therapie nicht ausreichend.

Die von den Physiologen benutzten Apparate zur Regulierung der Wechselfrequenz von Induktionsströmen und zur Erzeugung faradischer Einzelschläge (Bernstein, v. Kries, Onimus, Gad und Kohnstamm, M. Meyers Kugelunterbrecher, E. Remaks Apparat für Einzelschläge, s. a. S. 15, Anm.) haben für die praktische Elektrotherapie nur geringe Bedeutung erlangt. Manche Praktiker legen indessen auch auf dieses Moment Wert und haben Apparate konstruieren lassen, die eine Regulierung der Schlagfolge von Einzelschlägen bis zur gewöhnlichen Unterbrechungsfrequenz gestatten (Hovents Apparat u. a.).

Die transportablen galvanischen Apparate (z. B. Fig. 51) werden meist von Chromsäure-Tauch-Batterien (s. oben) getrieben. In einem Holzkasten befindet sich ein trogförmiger Einsatz, der in zahlreiche (20—40—50) Fächer oder Zellen geteilt ist. Jede dieser Zellen bildet ein Gefäßchen für sich, welches mit der Chromsäuremischung etwa halb gefüllt wird. An der Decke des Apparatkastens

---

*) In allen Apotheken und Drogenhandlungen wird eine passende Lösung als „Füllung für Induktionsapparate" vorrätig gehalten. Die gewöhnliche Zusammensetzung — sie variiert ein wenig — ist (nach Zacharias und Müsch): Kaliumbichromat 77,5 g, konzentrierte Schwefelsäure 78,5 ccm, Brunnenwasser 750,0 ccm.

hängen an Schrauben in das Innere des Kastens hinein paarweise angeordnete, ebenso zahlreiche (20—50) Zink- und Kohlestäbchen. Sie sind in Parallelreihen von je 10 angeordnet. Jedem Zink-Kohlepaar entspricht ein Metallkontakt an der Kastendecke. Durch eine an der Seite des Kastens angebrachte Hebelvorrichtung kann der trogförmige

Fig. 51.



Transportabler galvanischer Apparat.

Einsatz mit den Flüssigkeitszellen so weit in die Höhe gehoben werden, daß die Stäbchen in die Flüssigkeit eintauchen; dann entsteht der galvanische Strom, der in gewöhnlicher Weise von zwei Polklemmen vermittels isolierter Leitungsschnüre abgeleitet wird.

An dem Apparat befinden sich außerdem noch

1. ein kleiner Stromwender (s. S. 11),

2. ein kleines absolutes Galvanometer*), das von den meisten Firmen schon für einen recht geringen Preis, exakt arbeitend, hergestellt wird, und

Rheostaten.

3. oft auch ein Rheostat. Hierzu werden dann gewöhnlich nicht Metall-Rheostaten verwendet, sondern Graphit-Rheostaten in Schlitten- oder Kurbelform, bei deren Anschaffung man besonders zu

*) Die älteren Apparate enthielten an dessen Stelle ein sog. Galvanoskop, das nur anzeigte, ob Strom vorhanden war oder nicht, aber ein Ablesen in absoluten Maßen nicht erlaubte. Heute haben solche Apparate nur noch historischen Wert.

prüfen hat, ob bei Ein- und Ausschaltung der Graphitwiderstände eine schwankungslose, gleichmäßige Stromregulierung erfolgt, und nicht — wie in manchen minderwertigen Ausführungen — zwischen den großen Anfangs- und den kleinen Endwiderständen so schroffe Übergänge bestehen, daß unangenehme und den Nutzen des ganzen Instruments illusorisch machende Stromschwankungen eintreten*).

Die Elemente werden entweder mittels eines ähnlichen Elementenzählers wie bei den stationären Apparaten (s. S. 5) eingeschaltet oder mittels einer schlittenartigen Vorrichtung (Schieberkollektor, s. Fig. 51), die, über die am Deckel angebrachten Kontakte gleitend, ein Element nach dem andern und eine Elementenreihe nach der andern zu benützen gestattet. (An den alten Apparaten befand sich an Stelle des Schlittens eine Vorrichtung zum Stöpseln: ein umständliches Verfahren erlaubte mit Hilfe dreier an einer gegabelten Leitungsschnur befindlichen Metallhülsen ein Weiterschreiten von Kontakt zu Kontakt.) Man muß bei diesen Apparaten ganz besonders daran denken, daß man bald nach dem Gebrauch den trogförmigen, die Flüssigkeit enthaltenden Einsatz durch Heruntersenken von den Metallstäben zu trennen hat. Denn wie schon oben gesagt wurde, ist in diesen Elementen die Polarisation eine erhebliche und darum die Abnutzung eine rasche. An der transportablen Batterie, Fig. 51, erinnert eine seitlich am Kasten angebrachte, in der Figur oben auf beiden Seiten sichtbare Hemmung, die das Schließen des Apparatkastens hindert, an das Herunterlassen des Troges. Man muß übrigens bei allen diesen Apparaten nach mehrtägigem Gebrauch die Flüssigkeit und von Zeit zu Zeit auch die Zinkstäbe erneuern. — Beim Aufstellen des Apparats mußte man bei den älteren Modellen mit sog. Horizontalgalvanometern noch den Erdmagnetismus berücksichtigen und deshalb vor der Benutzung darauf achten, daß die Galvanometernadel freischwingend bei Ruhestellung des Apparates genau auf den Nullpunkt zeigte. Bei den modernen vom Erdmagnetismus unabhängigen Deprez-d'Arsonval-Galvanometern ist das indessen nicht mehr notwendig. Dagegen empfiehlt es sich, bei erster Benutzung eines neuen Apparates oder nach einer größeren Reparatur nachzuprüfen, ob die Bezeichnungen der Pole an den Polklemmen (+ und —) richtig sind. Man macht das am einfachsten in der Weise, daß man nach Einschaltung eines genügenden Stroms die Metallenden der beiden Leitungsschnüre für kurze Zeit (!) in ein Wassergefäß hält: dasjenige Ende, an welchem Wasserstoffbläschen aufsteigen, ist der negative Pol. — Das gleiche Verfahren ist an Anschlußapparaten vor jedesmaligem Gebrauche immer dann einzuschlagen, wenn sie nicht dauernd in den Schaltkontakten befestigt sind.

---

*) Eine noch einfachere, aber seit Einführung der Graphit-Rheostaten kaum mehr benützte Form stellen die Eulenburgschen Flüssigkeits-Rheostaten dar. Sie bestehen in einem mit Wasser gefüllten, zylindrischen Kästchen, in welchem mit Hilfe einer schraubenförmigen Vorrichtung die Einschaltung größerer oder geringerer Widerstände bewirkt wird.

Die Modifikationen dieser Art von Apparaten sind zahlreich. An Stelle der Tauchbatterien mit Chromsäureelementen fertigt man andere, z. B. aus Leclanché-Elementen, an. Sie eignen sich aber wegen der Schwere, die der Apparat durch diese relativ großen Elemente erhält, weniger für die Zwecke des Transports. Trockenelemente sind auch für galvanische Apparate infolge ihrer längeren Haltbarkeit wohl zu empfehlen; da jedoch bei Abnutzung eines Trockenelements das ganze Element durch ein neues ersetzt werden muß, so wird der Unterhaltungspreis der Batterie ein etwas höherer (s. übrigens die folgende Seite).

Zur Not kann man für praktische Zwecke bei transportablen Apparaten ohne Rheostaten auskommen. Man muß dann allerdings gewisse Unannehmlichkeiten (z. B. bei der Kopfgalvanisation) und gewisse Ungenauigkeiten (z. B. bei der Feststellung der Minimalzuckung) mit in Kauf nehmen. Bei der Kleinheit, Billigkeit und Zweckmäßigkeit der Graphit-Rheostaten sollte man darum lieber nicht auf die Vorteile dieses Nebenapparates verzichten. Für transportable Apparate, die keinen Rheostaten enthalten, werden auf Wunsch von den meisten Firmen Rheostaten mit Anschlußvorrichtung, auf ein Brett montiert, geliefert. Man schaltet sie in der Weise ein, daß man die + Polklemme der Batterie mit einer der beiden + Schrauben des Rheostaten und ebenso die — Polklemme mit einer der beiden — Schrauben des Rheostaten durch je einen Kupferdraht (Leitungsschnur) verbindet und alsdann von den beiden freien Rheostatenschrauben die mit den Elektroden armierten Leitungsschnüre ableitet. (S. das Schema in Fig. 54, S. 166.) Einen Apparat ohne absolutes Galvanometer darf heute, wo diese Instrumente in allen Preislagen hergestellt werden, niemand, der ernstlich Elektrotherapie oder -diagnostik treiben will, benutzen. Man tappt vollständig im Dunkeln, wenn man nicht die jedesmal vorhandene Stromstärke kennt: das wird für den Leser dieses Leitfadens aus dem in den früheren Kapiteln Ausgeführten zur Genüge erhellen. Ein Galvanisieren ohne Galvanometer ist als Pfuscherei zu bezeichnen.

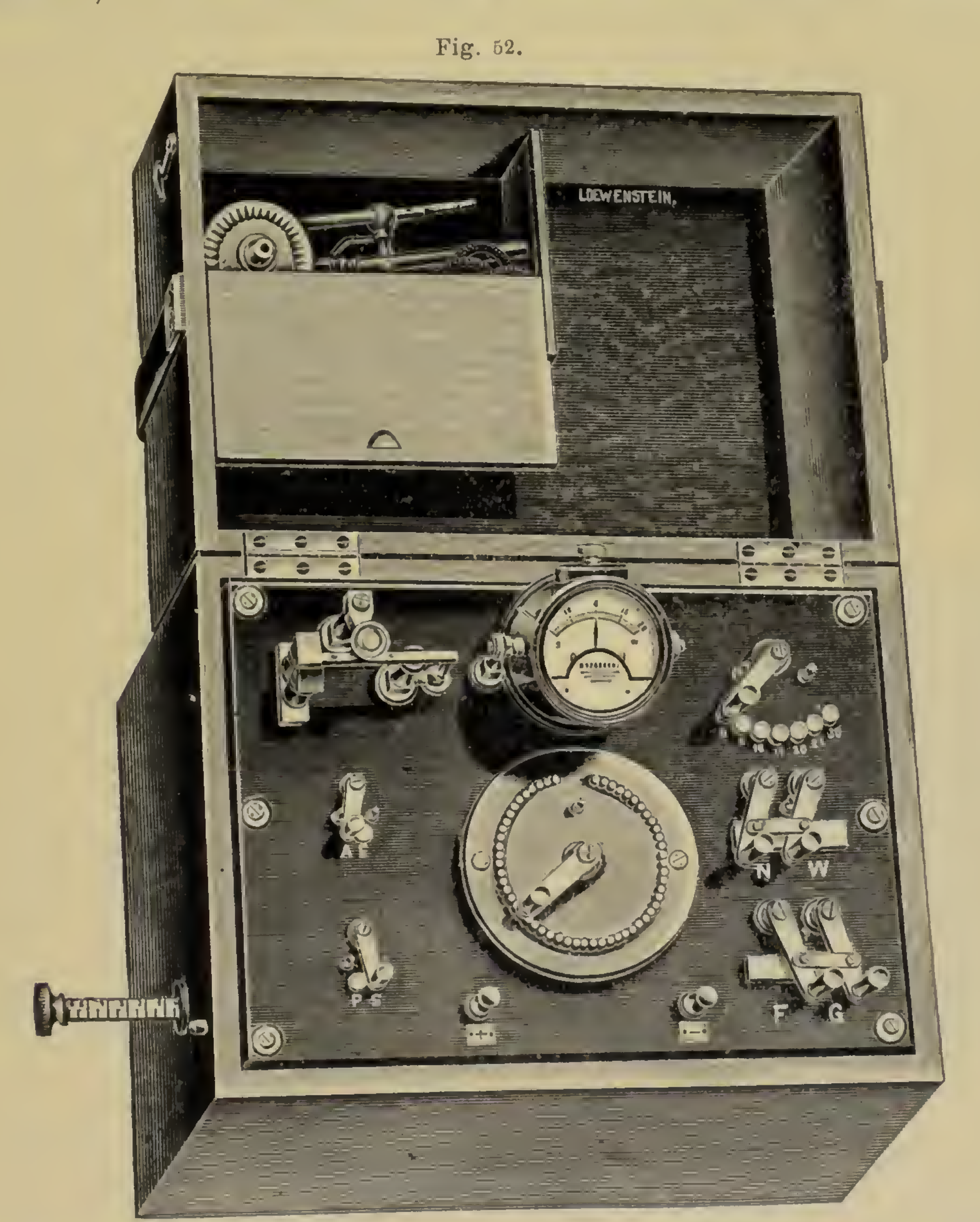
Der Preis eines mit einem kleinen absoluten Galvanometer versehenen, transportablen galvanischen Apparates schwankt etwa zwischen 100 und 250 M. Ein Rheostat allein kostet etwa 25 M.; ein kleines Galvanometer allein ungefähr ebensoviel.

Es ist wohl nach dem Gesagten unnötig zu bemerken, daß die massenhaft in den Handel gebrachten Miniaturapparate zur Selbstgalvanisation, die (z. B. in Damenhüten angebracht) eine unauffällige fortwährende Kopf-„Autogalvanisation“ ermöglichen sollen, die elektrischen Gürtel, „Voltakreuze“ und dgl., wegen der Mangelhaftigkeit der Nebenapparate, der Inkonstanz der Elemente und vor allem wegen der Unkontrollierbarkeit aller maßgebenden Faktoren gänzlich unbrauchbar sind. Sie wirken im besten Falle suggestiv.

Von den meisten Firmen werden auch transportable Apparate angefertigt, die in einem einzigen Kasten den faradischen und galvanischen Apparat vereinigen. Die Transportfähigkeit ist zwar durch die

unvermeidliche Erschwerung des Gewichts geringer und die Regulierbarkeit des Induktionsapparats wegen seiner notwendigen Kleinheit in der Regel eine etwas mangelhafte. Trotzdem eignen sich grade solche Apparate für Ärzte, die in einer kleinen Stadt oder auf dem Lande praktizieren, in erster Reihe. Die Vorteile relativ guter Transporta-

Fig. 52.



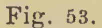
Transportabler Apparat für galvanischen und faradischen Strom nach Toby Cohn.

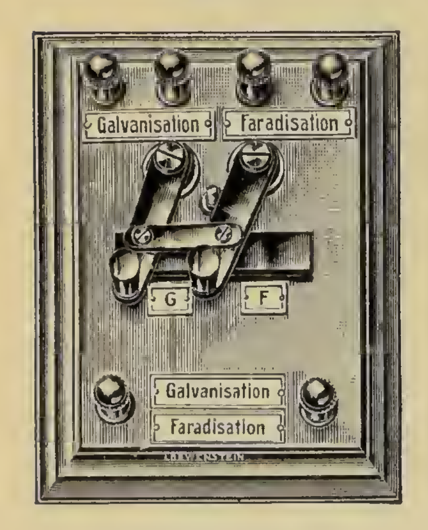
bilität, Haltbarkeit und Regulierfähigkeit scheint mir ein galvano-faradischer Apparat, den die Firma Louis & H. Löwenstein (Berlin) nach meiner Angabe angefertigt hat (Fig. 52), zu vereinigen. Er wird von Trockenelementen getrieben, deren Dauerhaftigkeit nach meiner Erfahrung eine recht große ist, enthält einen guten Metallrheostaten, ein absolutes Galvanometer und einen gut zu regulierenden Induktionsapparat mit leicht ablesbarer Skala.

Für denjenigen, der beide Ströme besitzen will, ohne einen großen stationären Apparat anzuschaffen, empfiehlt es sich unter Umständen zwei transportable Apparate, einen konstanten und einen faradischen, zu wählen. Für einen in der Großstadt praktizierenden

Arzt ist die Anschaffung leicht transportabler Apparate darum nicht unerläßlich, weil die größeren Geschäfte für Wochen oder Monate leihweise Apparate in die Wohnungen der Patienten schicken. Für den Arzt in der kleinen Stadt oder auf dem Lande hingegen ist der Besitz transportabler Apparate notwendig, unter Umständen notwendiger als der eines stationären Apparates. Mit zwei guten transportablen Apparaten kann man sowohl im eigenen Hause als außerhalb desselben vollkommen gut auskommen.

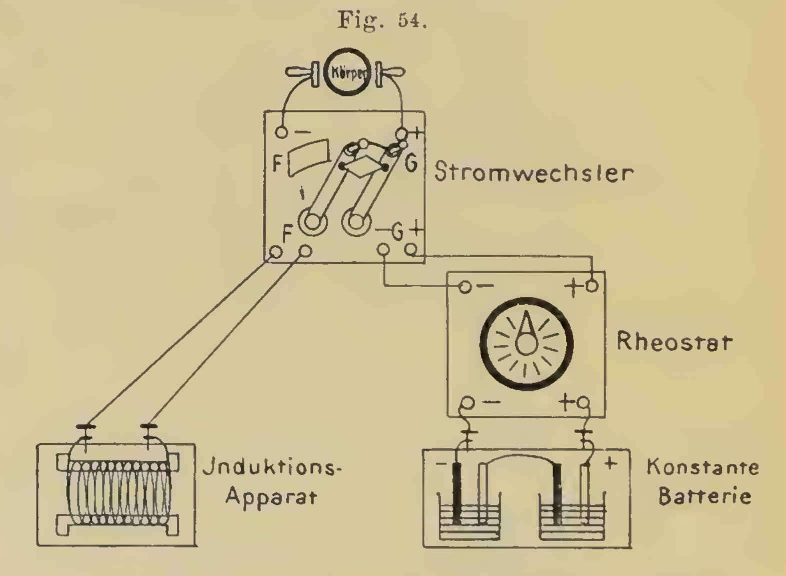
Wenn man die Bequemlichkeit des Stromwechslers (s. S. 5 und 16 f.), der an den großen stationären Apparaten gestattet, von einem Polklemmenpaar bald den faradischen, bald den galvanischen, bald beide Ströme zugleich abzuleiten, auch für zwei transportable Apparate verwerten will, so kann man das in höchst einfacher Weise erreichen: auf den Tisch, auf dem die beiden Apparate stehen, bringt man zwischen die Apparate einen kleinen Holzklotz mit der in elektromedizinischen Fabriken separat käuflichen de Wattevilleschen Wechselvorrichtung (Fig. 53), ein paar über den Tisch geleitete Drahtver-


Fig. 53.



Stromwechsler.

Fig. 54.



Schema für Einschaltung eines getrennt montierten Stromwechslers und Rheostaten in den Stromkreis zweier transportablen Apparate.

bindungen, die man sich selbst leicht herstellt, oder ein Paar gewöhnliche Leitungsschnüre ermöglichen dann die Wechselung wie bei stationären Apparaten (vgl. dazu das Schema Fig. 54). Vor dem Transport werden diese Kontaktvorrichtungen abgeschraubt. — Die Galvanofaradisation (Behandlung mit dem kombinierten Strom) kann aber auch ohne Stromwechsler mit Hilfe zweier getrennter transportabler Apparate für galvanischen und faradischen Strom in einfacher Weise ausgeführt werden, wenn man eine Polklemme des faradischen mit einer des galvanischen Apparats durch einen Draht verbindet und an den beiden freien Polklemmen die Leitungsschnüre mit den Elektroden befestigt (s. S. 123).

Man kann sich auf diese Weise zu einem Preise von etwa 180—250 M. fast die sämtlichen Vorteile verschaffen, die ein stationärer

Apparat bietet. Der Preis eines Apparates, der faradischen und galvanischen Strom in einem gemeinsamen Kasten vereinigt, beträgt ungefähr ebensoviel.

Elektroden.

Was die Anschaffung von Elektroden betrifft, so tut man gut, überzogene biegsame Platten verschiedener Größe (100 qcm, 50 qcm, 30, 20, 10, 5, 3 qcm) bereit zu halten, außerdem einige Elektrodengriffe, darunter eine mit Unterbrechervorrichtung (s. S. 24), die für Untersuchungszwecke wenn nicht unentbehrlich, so doch sehr bequem ist. Eine bürsten- bzw. pinselförmige Elektrode (s. S. 120) und eine Rolle zum Massieren (s. S. 124) sind ebenfalls empfehlenswert. Bequem ist es auch, wenn man eine Nackenelektrode (s. S. 54) hat. Für die lokale Behandlung mit anschwellenden faradischen Strömen (s. S. 124) wählt man eine unüberzogene knopfförmige Metallelektrode; die Erbsche Sensibilitätsuntersuchungselektrode ist S. 96 abgebildet. Zur Behandlung innerer Organe (Magen usw.) braucht man eine große „indifferente" Platte von ca. 500 qcm (S. 147). Über die weiteren, für die einzelnen Behandlungsmethoden anzuwendenden Elektrodenformen vgl. den „speziellen Teil", Kapitel 8. Die früher üblichen, mit Flanell oder Leder überzogenen Elektrodenplatten sind zu verwerfen, weil sie die Feuchtigkeit nicht genügend aufnehmen und festhalten. Die besten Überzüge sind die aus Leinwand mit untergelegtem Moos- oder Wergkissen, die Platten selbst bestehen aus biegsamem Metall oder aus Kohle. Neuerdings werden, besonders für die starken galvanischen Ströme, zur Iontophorese usw. Elektrodenbedeckungen bevorzugt, die vor jedem Gebrauch aus Watte, Lagen hydrophiler Gaze oder Filtrierpapier frisch hergestellt werden. Man achte nur darauf, daß man diese Elektroden, besonders wenn sie neu oder lange Zeit nicht gebraucht sind, längere Zeit in warmes Wasser hält, damit sie sich erst vollsaugen. Es genügt nicht, sie einmal hineinzutauchen: sie müssen durchtränkt sein, wenn sie dem Strom nicht zu große Widerstände entgegensetzen sollen.

Anm. Für stabile Anwendung starker galvanischer Ströme (s. S. 117) sind neuerdings besondere Elektroden konstruiert worden, bei denen die Ätzwirkung des Stroms aufgehoben bzw. erheblich reduziert werden soll. Die J. Weißsche ist die ursprünglichste; die Bergoniésche die verbreiteste. Ich selbst benutze gelegentlich die Elektroden von Luraschi (Mailand), die aus pergamentüberzogenen und mit Ton gepolsterten Kautschukplatten bestehen, biegsam sind und dauernd in $3^1/_2$ prozentiger Borsäurelösung gehalten werden. Alle diese Formen von Elektroden ermöglichen den Gebrauch höherer Stärkegrade. — Die Elektroden von Frankenhäuser sind so konstruiert, daß die Elektrolyse, die durch den Strom bewirkt wird, sich in der Elektrode selbst, nicht in der Haut des Patienten, abspielt; dadurch fällt jede Ätzwirkung fort. — Zur Verwendung so starker galvanischer Ströme sind außerdem große und gut abstufbare Rheostaten erforderlich.

Daß auch jemand, der, wie viele Praktiker, nur im Besitze eines transportablen Induktionsapparates ist, mit diesem therapeutische Erfolge haben und wichtige diagnostische Fingerzeige erhalten kann, geht aus dem in den früheren Kapiteln Dargestellten hervor. Für die meisten Krankheitsgruppen und Einzelerkrankungen sind dort Be-

handlungsmethoden angegeben, die den faradischen Strom erfordern resp. im Notfalle für die galvanischen Verfahren eintreten können. — Auch diagnostisch und prognostisch kann selbst eine nur summarische faradische Untersuchung mit primitivem Instrumentarium manchen wichtigen Aufschluß geben, so läßt z. B. Erloschensein der faradischen Muskel- und Nervenerregbarkeit schwere Veränderungen vermuten, während beispielsweise bei einseitigen peripherischen Affektionen ein normales, der gesunden Seite völlig gleiches Verhalten der Erregbarkeit (vorausgesetzt, daß die nötige Latenzzeit nach dem Beginn des Leidens verstrichen ist) mit größter Wahrscheinlichkeit eine leichte, prognostisch günstige Erkrankung ankündigt. Wiederkehr der faradischen Erregbarkeit in heilbaren Fällen degenerativer Lähmung, stärkere Herabsetzung bei einfachen Atrophien, Fehlen von Muskeln im Residuärstadium der spinalen Kinderlähmung, selbst myotonische und myasthenische Reaktion u. a. m. lassen sich mit fast jedem transportablen Induktionsapparate nachweisen. Soviel ist sicher, daß selbst mit einem geringen Instrumentarium von jemandem, der die Methoden kennt, weit mehr erreicht werden kann, als von vielen Besitzern großer Instrumentarien de facto erreicht wird.

Betriebsstörungen an galvanischen und Induktionsapparaten.

Jeder, der sich mit der praktischen Anwendung elektrischer Ströme beschäftigt, erlebt es gelegentlich, daß der Apparat vorübergehend den Dienst versagt. Besonders oft sind es ungeübte Elektrotherapeuten, die die unangenehme Entdeckung machen, daß „kein Strom“ zu erhalten ist. Namentlich dann aber ist der Eintritt solcher Störungen peinlich, wenn der Patient vor dem Apparate sitzt und die Behandlung erwartet; man kann dann nicht mehr die Hilfe des Technikers in Anspruch nehmen, sondern muß, wenn irgend möglich, selber einen Ausweg aus der Verlegenheit finden. Dazu ist es nötig, die am häufigsten vorkommenden Störungen und die Mittel zu deren Abstellung zu kennen*).

Störungen am galvanischen Apparat.

Beginnen wir mit dem galvanischen Apparat, so ist die erste Frage, die man sich vorzulegen hat, wenn keine Stromwirkung zu erzielen ist, d. h. wenn bei einer Untersuchung stärkste Ströme keine Muskelzuckung ergeben, wenn bei einer Behandlung der Patient keinen Strom fühlt und die Nadel des Galvanometers unbeweglich bleibt: sind die Elektroden feucht genug? Die Befeuchtung darf, wie in diesem Buche schon mehrfach betont worden ist, nicht in einem bloßen Eintauchen bestehen, da das zwischen der Metallplatte und der Leinwandkappe der Elektrode liegende Polster (Mooskissen oder dgl.) längere Zeit braucht, um die Flüssigkeit aufzusaugen. Neue Elektroden besonders müssen in warmes Wasser gelegt werden, bis sie aufquellen,

---

*) Das Werk von Zacharias und Müsch (Konstruktion und Handhabung elektromedizinischer Apparate, Leipzig. I. A. Barth, 1905) enthält nützliche Hinweise auf unser Thema, ebenso der Katalog der Firma Reiniger, Gebbert und Schall.

und bis ein auf die Leinwandhülle ausgeübter Druck Wasser herauspreßt. Überhaupt ist warmes, am besten salzhaltiges Wasser immer zur Elektrodenbefeuchtung vorzuziehen; nur im Notfalle genügt Wasser von Zimmertemperatur. — Ungenügende Befeuchtung der Elektroden ist eine der häufigsten, wenn nicht die häufigste Ursache für das Ausbleiben einer Stromwirkung. Namentlich ist das dann der Fall, wenn die Applikationsstelle starken Leitungswiderstand bietet, also z. B. am Daumenballen (überhaupt an der Handfläche) oder an behaarten Körperstellen. Wenn dazu kommt, daß der Strom, z. B. infolge von Batterieschwäche, an sich nicht sehr große Spannung hat, so ist ein Ausbleiben der Stromwirkung leicht erklärlich. Man muß sich aber vergegenwärtigen, daß man selbst bei kräftiger Batterie und gut mit warmem Wasser durchtränkten Elektroden zur Überwindung des Leitungswiderstandes am Daumenballen und den anderen genannten Stellen sehr große Stromkraft (Spannung) braucht. Eine rasche Kontrolle an anderen Körperregionen, z. B. an der Vorderarm- oder Oberarmbeugeseite (nicht am Gesicht und am Halse aus leicht begreiflichen Gründen) oder einfach Prüfung durch Aneinanderlegen der Elektrodenplatten enthüllt sofort den Sitz der Störung.

Ist auch beim Aneinanderlegen der gut durchfeuchteten Elektrodenplatten kein Strom zu erhalten (Stillstand der Galvanometernadel), so ist die nächste Frage: sind die Elektrodenhalter und die Leitungsschnüre in Ordnung? Abgesehen von dem auch erfahrenen Elektrotherapeuten mitunter noch begegnenden Versehen des Liegenlassens einer Elektrode im Schubfache, kommen hauptsächlich in Betracht: a) Fehler am Unterbrecher der Meyerschen Elektrode (Fig. 16, S. 24): es ist ein Fremdkörper (Haar, Faden oder dgl.) in der Kontaktstelle des Bügels eingeklemmt (umgekehrt wird z. B. durch einen Wassertropfen an der Kontaktstelle die Stromöffnung verhindert, so daß bei jeder Stellung des Unterbrechers der Strom geschlossen bleibt, s. auch oben S. 54); b) fehlende oder nicht hinreichend feste Verbindung der Leitungsschnur mit der Schraube, bzw. zu lose Verschraubung der Elektrodenplatte; c) Defektsein der Leitungsschnüre, welches man besonders an deren übergroßer Biegsamkeit erkennt. Bemerkt man an diesen Teilen selbst keine schadhafte Stelle, so versuche man es dennoch zunächst mit frischen Elektroden und mit anderen Leitungsschnüren. Findet man am Ende der Leitungsschnur einen Defekt, so kann man die Enden abschneiden, bis man ein gutes Stück zurückbehält. Findet man nichts, so prüfe man jede Leitungsschnur gesondert, indem man eins ihrer beiden Enden mit einer der Polklemmen verschraubt, mit dem anderen — nur momentweise, um Kurzschluß zu vermeiden — die zweite Polklemme berührt und nun zusieht, ob die Galvanometernadel ausschlägt. Man untersuche aber einen galvanischen Apparat niemals in der Weise, daß man die Leitungsschnurenden in beide Hände nimmt, oder daß man die Leitungsschnüre abschraubt und nun mit zwei

Fingern die Polklemmen berührt. Die Körperwiderstände sind in diesem Falle so groß, daß sie eine Stromleitung selbst bei hohen Stromstärken verhindern. Vor einem Berühren der Zunge mit den Drahtenden behufs Stromprüfung ist dringend zu warnen.

Ergibt sich trotz aller dieser Versuche noch immer keine Stromwirkung und bleibt auch die Galvanometernadel unbeweglich, so liegt die Störung im Apparate selbst. Man hat sich dann zunächst davon zu überzeugen, ob überall die Kontakte richtig stehen, mit anderen Worten: ob der Strom geschlossen ist. Es darf also, wenn es sich um eine transportable Tauchbatterie handelt, die Kurbel des Stromwenders nicht zwischen N und W auf dem Nullpunkte stehen; der Flüssigkeitstrog muß hochgehoben und mit den Metallen in Berührung sein; der Elementenzähler (Schlittenkollektor) muß eine genügende Anzahl Schleifkontakte passiert haben. Handelt es sich um einen stationären Batterieapparat, so ist außer der Stromwenderstellung noch darauf zu achten, daß 1. die Rheostatenkurbel nicht auf dem Nullpunkt steht, 2. der Elementenzähler (bei Anschlußapparaten Stromwähler, Voltregulator oder dgl.) eingeschaltet ist, und 3. daß die Stromwechslerkurbel den richtigen Kontakt, nämlich den für den galvanischen oder den kombinierten Strom, berührt. Bei Anschlußapparaten ist — außer den gleichen Momenten — noch festzustellen, ob der Schaltkontakt, bei dessen Umdrehung die vorgeschaltete Lampe aufglüht, nicht vergessen ist; man sehe einfach nach, ob die Lampe brennt, und schraube sie fest, wenn das nicht der Fall ist.

Ist alles bisher Erwähnte in Ordnung und schlägt die Galvanometernadel trotzdem nicht aus, so vergewissere man sich, ob auch keine motorischen und sensorischen Stromwirkungen (Muskelzuckungen, Brennen auf der Haut, Lichtblitze vor den Augen usw.) vorhanden sind. Sind sie da und die Nadel bleibt dabei unbeweglich, so liegt der Fehler am Meßapparat, am Galvanometer. Häufig kommt es vor, daß versehentlich der Multiplikator in den Stromkreis gebracht ist: dann ist der vorhandene Strom vielleicht nicht stark genug, um bei der höheren Multiplikatorstellung einen genügend sichtbaren Nadelausschlag zu ergeben; die Ruhe der Nadel ist dann nur eine scheinbare, bei Ausschaltung des Multiplikators erfolgt prompt eine kräftige Exkursion. Ferner kann die Nadel fixiert sein — entweder versehentlich durch eine am Galvanometer angebrachte Hemmvorrichtung — oder durch falsche Stellung des Apparats: bei den noch vielfach, besonders an transportablen Batterien älterer Konstruktion, zu findenden Horizontalgalvanometern kann die Nadel nur dann richtig schwingen, wenn das Meßinstrument genau horizontal steht und so gedreht ist, daß die Nadel auf den Nullpunkt zeigt, da sie bei diesen Apparaten vom Erdmagnetismus abhängig ist: man muß also an transportablen Apparaten dieser Art vor jedem Gebrauche erst die richtige Einstellung der Nadel vornehmen. Durch vielfaches Hin- und Herpendeln kann auch an größeren und modernen Galvanometern ein Herausheben der Nadel aus ihrem Lager und eine Fixation erfolgen. Mitunter

genügt ein leises Anschlagen an die Seitenwand des Galvanometers, um sie in die richtige Lage zu bringen. Wo das nicht der Fall ist, muß das Meßinstrument zur Reparatur. Das muß auch dann geschehen, wenn nach Ausschluß aller genannten Galvanometerstörungen durch den Nachweis des Vorhandenseins physiologischer Stromwirkungen konstatierbar ist, daß der Fehler im Inneren des Galvanometers liegt. (Bemerkt sei nebenbei, daß bei Anschlußapparaten älterer Konstruktion benachbarte Leitungen, z. B. der Straßenstrom, einen ablenkenden Einfluß auf die Galvanometernadel ausüben.)

Stehen bei nachweislicher Intaktheit der Elektroden und Leitungsschnüre alle Kontakte richtig, und erfolgt nicht nur kein Ausschlag der Galvanometernadel, sondern bleiben auch die physiologischen Stromwirkungen aus, so ist die Festigkeit aller sichtbaren Verbindungen zu prüfen. Man sehe also nach:

1. ob die Kurbeln oder Schlitten gut auf den Kontakten gleiten, d. h. ob kein Zwischenraum oder Fremdkörper zwischen Feder und Kontakt ist (am Stromwender, Elementenzähler, Rheostaten usw.);
2. ob alle Schrauben festgezogen sind, die die kleinen Nebenapparate am Hauptapparate fixieren.

Man ziehe eine lockere Schraube, wo man sie findet, fest an; bei Anschlußapparaten vergesse man die (schon oben erwähnte) Vorschaltlampe nicht.

Ist auch hier keine Störung zu finden, so kann der Fehler nur entweder in den nicht sichtbaren Verbindungen im Apparatinneren oder in der Stromquelle (Batterie oder zentralen Stromzuführung) liegen. Die Trennung von Verbindungen im Apparatinneren ist bei gutgearbeiteten Apparaten äußerst selten; nur nach absolutem Ausschluß aller übrigen Fehlerquellen würde man sich zur Annahme einer solchen Störung verstehen dürfen. Viel häufiger sind die Störungen von seiten der Stromquelle; an eine solche sollte man sofort denken, wenn man sich davon überzeugt hat, daß an den Elektroden, den Leitungsschnüren, den Kontakten, dem Galvanometer und den sichtbaren Verbindungen (Schrauben) kein Fehler nachweisbar und doch kein Strom vorhanden ist.

Bei den von Batterien getriebenen — transportablen oder stationären — Apparaten sind die beiden häufigsten Störungen: das Austrocknen einzelner Elemente und die Lösung der Verbindungen zwischen zwei Nachbarelementen. Die bequemste und sicherste Methode zum Herausfinden schadhafter Stellen in der Batterie ist der Doppelkollektor von Reiniger, Gebbert und Schall (s. S. 158, Fig. 46). Wo dieser oder ein ähnlicher Apparat fehlt, kann man durch vorsichtiges Einschalten des Kurbelkollektors bzw. behutsames Vorschieben des Schieberkollektors den Sitz der Störung wenigstens annähernd bestimmen. Zur präzisen Bestimmung aber muß man die einzelnen Elemente durchmustern, indem man sie zunächst sämtlich

herausnimmt und dann wieder sukzessive — eins nach dem anderen — einschaltet. Dann sieht man sofort, an welcher Stelle der Fehler liegt, und so kann man auch am leichtesten darauf achten, ob überall die Verbindungsdrähte zwischen den Elementen intakt und fest eingeschraubt sind; lose Schrauben sind anzuziehen. — Hat man das fehlerhafte Element herausgeholt, so überzeuge man sich, ob es genügend gefüllt ist; eventuell fülle man es, wenn man die notwendige Füllflüssigkeit bei der Hand hat, auf, oder man entferne es in eiligen Fällen vorläufig und verbinde die benachbarten an den freiwerdenden Drahtenden miteinander. — Ist die Füllung ausreichend, aber die Flüssigkeit verbraucht (was man bei Chromsäureelementen an der graugrünen, opaken Färbung erkennt), so muß sie gewechselt oder ebenfalls das Element vorderhand eliminiert werden. Dasselbe geschieht, wenn der Zinkstab durchgefressen ist, was durch langen Gebrauch oder durch zu starkes Hin- und Herbewegen eines Elementes eintritt. Sind mehrere Elemente beschädigt oder handelt es sich um Trockenelemente, die schon lange in Gebrauch sind, so muß die Batterie zur Reparatur. — Seltenere Fehler sind Versehen in der Zusammensetzung der Füllflüssigkeit (Vergessen des Schwefelsäurezusatzes u. dgl.). — Elemente, die noch nicht ganz ausgetrocknet, aber dem Austrocknen nahe sind, liefern einen ungleichmäßig fließenden Strom; die Galvanometernadel macht ruckweise Ausschläge vom und zum Nullpunkt, und die Stromschwankungen machen sich physiologisch besonders unangenehm bemerkbar. Ähnliches tritt auch ein, wenn eine Schraube irgendwo sich lockert oder eine Leitungsschnur beschädigt ist, kurz — überall, wo der Stromschluß nicht ganz vollständig, aber auch nicht ganz gelöst ist.

Ist die defekte Stromquelle eine Zentralstation (Anschlußapparat), so zeigt zunächst die vorgeschaltete Glühlampe an, ob Strom vorhanden ist. Glüht sie nach Einschaltung des Schaltkontaktes (das darf natürlich nicht vergessen sein) nicht auf, trotzdem man sich überzeugt hat, daß sie festgeschraubt ist, dann sehe man nach, ob 1. die Zentralschaltung offen ist und ob nicht 2. eine Bleisicherung durchgebrannt ist. (Daß die Zentrale selbst stromlos ist, dürfte sich wohl nur selten ereignen und dann leicht zu erkennen sein.) — Ist der Anschlußapparat sowohl für galvanischen als für faradischen Strom eingerichtet, so erkennt man an dem guten Funktionieren des nicht geprüften Apparates (also z. B. am Geräusch des Induktionsapparates), daß der Fehler außerhalb des Apparates — in der gemeinschaftlichen Zuleitung — nicht liegen kann. — Eine durchgebrannte Bleisicherung — sei es eine vor einem Schalter oder vor einem Steckkontakt befindliche — ersetzt man durch eine neue. Brennt die Lampe dann trotzdem nicht, so ersetzt man auch sie.

Wenn trotz Intaktheit der Elektroden, Festigkeit aller sichtbaren Verbindungen, richtigen Funktionierens der Kontakte und Unversehrtheit des Meßapparates kein Strom zu erhalten und auch in der Stromquelle die Störung nicht zu finden ist, so kann (sowohl bei Batterie-

als bei Anschlußbetrieb) der Fehler im Rheostaten liegen. Ist er verdächtig, dann schraubt man ihn ab und ersetzt ihn durch einen zwischen die Schrauben geklemmten Kupferdraht oder eine Leitungsschnur. Funktioniert dann der Apparat, so muß der Rheostat zur Reparatur. Bei einem Apparat für galvanischen und faradischen Strom, bei dem beide Stromkreise den Rheostaten passieren (Fig. 4, 5 und 12), erkennt man Rheostatendefekte am einfachsten daran, daß auch der faradische Apparat bei stufenweiser oder völliger Ausschaltung des Hauptschlußrheostaten keinen Strom gibt, während bei direkter Ableitung von einer der Spiralen Strom vorhanden ist. Voraussetzung ist, daß man sich vorher von dem guten Funktionieren der übrigen Nebenapparate (Stromwechsler, Stromwender, Galvanometer, Leitungsschnüre, Elektroden) überzeugt hat.

In den sehr seltenen Fällen, in denen selbst nach allen diesen Nachforschungen eine Störungsursache nicht zu ermitteln ist und die Stromwirkung trotzdem ausbleibt, liegt der Fehler in den nicht sichtbaren Leitungen zwischen den einzelnen Apparatteilen. Diese instand zu setzen, wird für gewöhnlich Sache des Mechanikers bleiben müssen. Im Notfalle (auf dem Lande z. B.) kann man, wenn man ein sog. Schaltungsschema seines Apparates besitzt, auch dann einen Reparaturversuch machen. Ein Arzt auf dem Lande oder in der kleinen Stadt tut darum gut, sich bei Anschaffung eines Apparates ein solches Schema vom Fabrikanten mitgeben zu lassen (s. Fig. 9 auf S. 12 und Fig. 12 auf S. 17). Die Fehler in den nicht sichtbaren Leitungen sind jedoch bei gut gearbeiteten Apparaten — wie schon gesagt — äußerst selten.

Störungen am Induktionsapparat.

Bezüglich der Betriebsstörungen in einem Induktionsapparate ist folgendes zu bemerken. Hat man an einem transportablen Apparate das Element entweder durch Einschrauben bzw. Heruntersenken des Zinkstabes geschlossen (Tauchelement) oder — bei fertigem Element (Leclanché- oder Trockenelement) — die Einschaltung vorgenommen, und tritt der Wagnersche Hammer nicht in Aktion, wie aus dem Ausbleiben des surrenden Geräusches hervorgeht, so klopfe man mit der Fingerkuppe ein paar mal ganz leicht auf den Anker des Hammers: das genügt meist, um den Apparat in Gang zu setzen. Nur achte man darauf, daß bei aufsitzenden Elektroden der Rollenabstand ein genügend großer ist, da sonst plötzlich der Körper von einem starken Strom getroffen werden kann. (Das gleiche kann geschehen, wenn statt des sekundären Induktionsstroms der primäre den Körper trifft, ohne daß der Eisenkern vorher aus der Primärrolle herausgezogen ist.) Genügt das nicht, um den Apparat in Gang zu bringen, so sehe man nach, ob nicht der Anker von dem kleinen Elektromagneten, über dem er schwebt, festgehalten und dadurch am Schwingen verhindert wird. Wenn das der Fall ist, löse man behutsam die Verbindung. Schwingt er dennoch nicht, so kann man — aber nur mit größter Vorsicht — die über dem Anker stehende Schraube nach einer

der beiden Richtungen zu drehen versuchen, wobei man gleichzeitig mit einer Fingerkuppe der anderen Hand von Zeit zu Zeit den Anker leicht anstößt. Alle irgendwie stärkeren Drehversuche sind jedoch unter keiner Bedingung gestattet: sie schädigen den kleinen, penibLen Apparat in grober Weise. — Auch ein vorsichtiges Festziehen der Feder des Hammers mittels einer an ihrem unteren Ende befindlichen Schraube kann oft die Störung beseitigen; aber auch hier ist größte Vorsicht zu empfehlen.

Bleibt trotz alledem der Hammer in Ruhe, dann ist nachzuprüfen, ob nicht die Platinspitze der Schraube oder die Platinplatte oxydiert (schwarz geworden) ist. Man kann versuchen, sie vorsichtig mit einem kleinen Messer oder mit Schmirgelpapier abzukratzen. Wenn das nicht gelingt, muß der Apparat zur Reparatur.

Zeigt der Hammer an diesen Teilen keine Defekte und gerät trotzdem nicht in Aktion, so liegt die Ursache des Versagens in der Stromquelle (den Elementen) oder den inneren Leitungen bzw. der Rollenwicklung. Wiederum gilt hier das oben für den galvanischen Apparat Gesagte: die letztgenannten Teile sind nur in äußerst seltenen Fällen Sitz der Störung. Wie die Elemente geprüft werden, ist bereits erörtert worden. —

Ist der Hammer in Aktion (Surren des Apparates) und trotzdem kein Strom zu erhalten, so überzeuge man sich — wie beim galvanischen Apparat — zunächst von der Intaktheit der Elektroden (so ausgiebige Befeuchtung wie beim konstanten Strom ist freilich beim Induktionsstrom nicht nötig), von der Unversehrtheit der Leitungsschnüre sowie von der Festigkeit der Verschraubungen. Dazu kommt, wenn es sich um einen kombinierten Apparat für beide Ströme handelt, die Untersuchung der richtigen Stellung der Kontakte (Stromwechsler, Rheostat, Stromwender), und wenn es ein Anschlußapparat ist, die Untersuchung der Glühlampe, der Bleisicherungen und der Schaltkontakte. Alles das ist oben schon besprochen worden, und es kann hier darauf verwiesen werden. Auch hier kann natürlich ein schadhafter Rheostat — wenn er in den Stromkreis der sekundären Spirale eingeschaltet ist — den Strom unterbrechen, was wiederum durch Ersatz des Rheostaten mittels eines Kupferdrahtes eruiert wird (s. oben). —

---

10. Kapitel.

III. Über Franklinisation.

Die statische Elektrizität.

Unter Franklinisation versteht man die (diagnostische und) therapeutische Anwendung der (Franklinschen) ruhenden, statischen oder Spannungselektrizität. Das ist diejenige Erscheinungsform der Elektrizität, welche durch Reibung gewisser Körper entsteht, und welche die Neigung hat, sich an der Oberfläche der sogenannten Elektrizitätsleiter (z. B. der Metalle) auszubreiten, um

dort gleichsam „ruhend“ — in „Spannung“ zu verharren*). Sie breitet sich namentlich nach den Enden dieser Körper aus, und dort ist daher die Spannung größer als in der Mitte; an Spitzen ist sie am größten. Hat sie eine gewisse Höhe überschritten, so verläßt die gespannte Elektrizität den Körper, und zwar entweder in Form von büschelförmigen Strahlen oder mit einem Funken, welcher nichtleitende Körper, z. B. die Luft, durchdringt und wieder nach einer Spitze bzw. einem Leiter hinstrebt (Entladung).

Man unterscheidet zwei Arten (Qualitäten oder Potentiale) dieser Elektrizität: positive (Glas-) Elektrizität und negative (Harz-) Elektrizität. Nichtelektrische Körper sind solche, in denen tatsächlich beide Formen der Elektrizität in inniger Verbindung — gewissermaßen zu gleichen Teilen gemischt — vorhanden („gebunden“) sind.

Durch Berührung mit elektrischen Körpern können die sog. nichtelektrischen Körper elektrisch werden (elektrische Mitteilung): sie nehmen dann diejenige Elektrizitätsart (positive oder negative) an, die der berührende Körper hat, und leiten sie über ihre Oberfläche fort. —

Aber elektrische Körper üben auch eine Fernwirkung (Induktion) auf nichtelektrische aus: in letzteren entsteht nämlich durch bloße Annäherung elektrischer Körper (ohne Berührung) eine Spaltung der in jenen vorhandenen Elektrizitätsarten (elektrische Influenz) in der Weise, daß sich die eine Elektrizitätsart an dem einen Ende des „nichtelektrischen“ Körpers, die andere am andern Körperende ansammelt (Polarisation des Körpers). Ist z. B. jener erste, elektrische Körper positiv elektrisch, so sammelt sich an dem ihm zugewandten Ende des genäherten „unelektrischen“ Körpers negative Elektrizität an, am abgewandten Ende positive (und vice versa). Die letztere (d. h. die Elektrizität des abgewandten Endes) kann man durch Berührung mit einem Elektrizitätsleiter (Berührung mit dem menschlichen Körper, z. B. Finger, oder durch sonstige Verbindung) zur Erde ableiten, „erden“. Wenn man das tut, verbreitet sich die übrigbleibende (z. B. negative) Elektrizität über den ganzen zweiten Körper**). Dieser zweite Körper aber „bindet“ jetzt wieder — rückwirkend — einen Teil der Elektrizität des ersten, und nun

---

*) Diese Eigenschaft kommt freilich mehr oder weniger allen Erscheinungsformen der elektrischen Bewegung zu. Die Eigenart der statischen Elektrizität im Gegensatz z. B. zur galvanischen ist außer ihrer Entstehungsweise durch Reibung ihre durch relativ geringe Elektrizitätsmengen erzielte außerordentlich beträchtliche Spannung, die sie befähigt, Widerstände zu überwinden, also auch Nichtleiter, z. B. die trockne Luft zu durchdringen. So ist das „Gefälle“ des dünnen Strahls einer Wasserleitung trotz der geringen Wassermenge weit größer und „stoßkräftiger“ als das der unendlich größeren Wasseransammlung eines langsam abfließenden Gebirgssees.

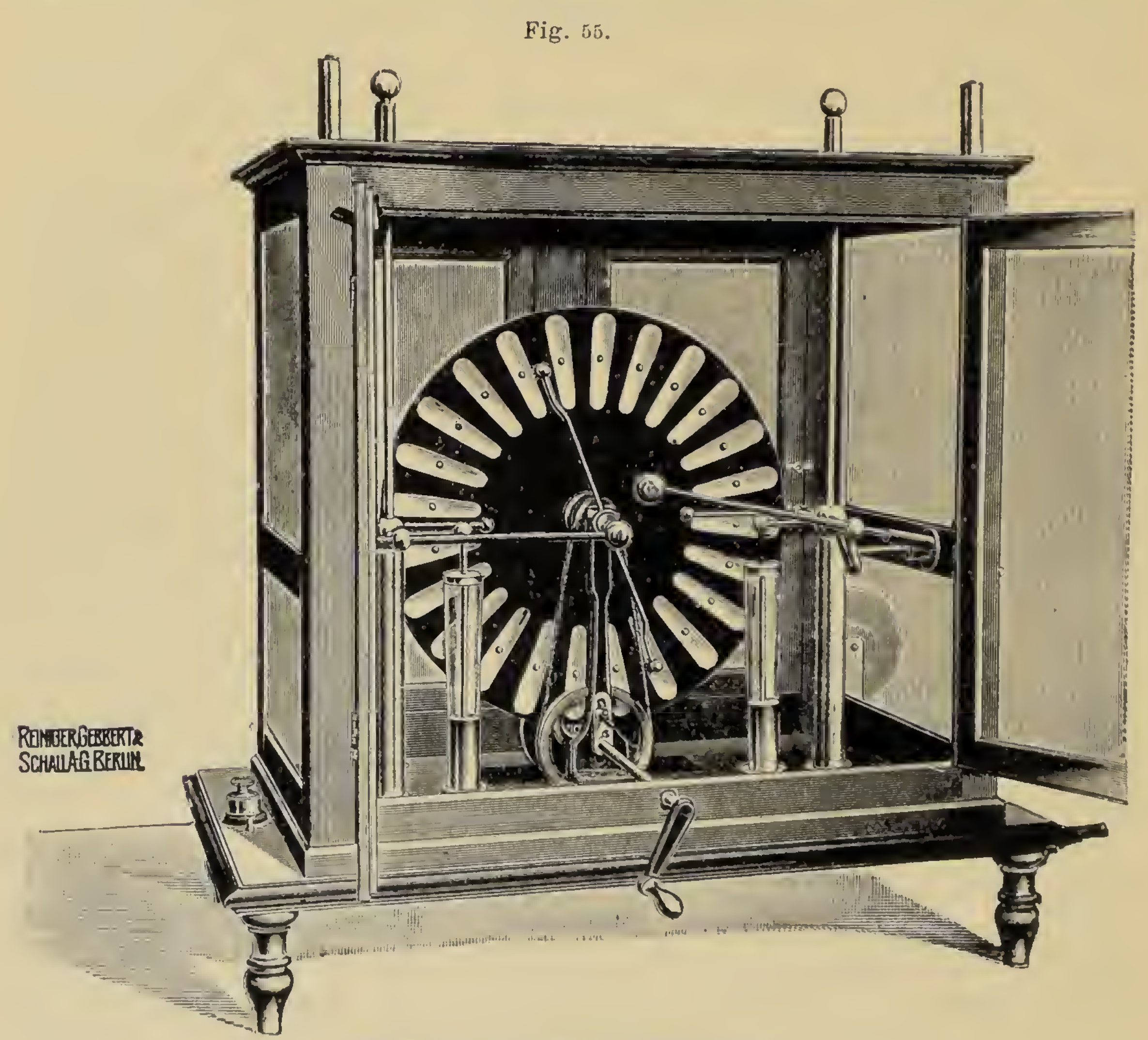
**) Will man in einem elektrischen Körper die vorhandene Elektrizität erhalten, also z. B. ihn davor hüten, daß er Elektrizität an die — leitende — Erde abgibt, so „isoliert“ man ihn: man trennt ihn von der Umgebung durch einen Nichtleiter, z. B. Glas, Harz, Hartgummi. Auch Luft ist ein Isolator.

kann dieser erste wieder neue Elektrizität aufnehmen u. s. f. Das ist das Prinzip der Kondensatoren: sie dienen zur Vervielfältigung (Potenzierung) vorhandener geringer Elektrizitätsmengen. Ein solcher Kondensator ist z. B. die Leydner Flasche oder die Franklinsche Tafel — eine isolierende Glas- oder Paraffinplatte, an deren beiden Seiten sich je ein Metall- (Stanniol-) Belag befindet.

Die Influenzmaschine.

Auf diesem Grundsatz der Potenzierung basieren die zu ärztlichen Zwecken angewandten Influenzmaschinen. Eine solche, nämlich die jetzt fast allein in Gebrauch befindliche Wimshurstsche Maschine (die Töpler-Holtz-Apparate sind nur noch wenig ge-

Fig. 55.



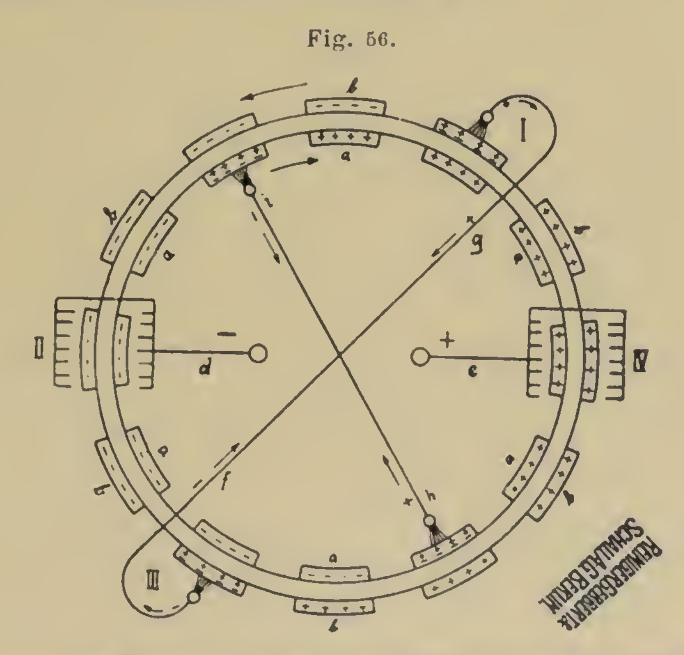
Influenzmaschine nach Wimshurst.

bräuchlich) ist in Fig. 55 abgebildet. Die Leistungsfähigkeit der Maschinen wächst mit der Größe und Zahl ihrer Scheiben oder Platten. (Die großen Apparate mit 6 und mehr Plattenpaaren können selbst als Stromquelle zum Röntgenverfahren verwendet werden.)

Die in einem Glaskasten (zum Schutze gegen Luftfeuchtigkeit und Staub) eingeschlossene Influenzmaschine enthält zwei auf einer gemeinsamen Achse nahe beieinander stehende Glasscheiben, die in einander entgegengesetzter Richtung rotierbar sind. Die Rotation geschieht manuell mittels einer Kurbel (vorn in Fig. 55 sichtbar) oder mechanisch mittels eines angesetzten Motors. Beide Scheiben tragen

eine Anzahl dünner, radiär angeordneter Metallsektoren; jeder Sektor der vorderen Scheibe trägt einen Metallknopf. Vor der Außenfläche der Scheiben aber befinden sich zwei Metallarme (sog. Ausgleichskonduktoren s. Fig. 56, in Fig. 55 ist nur der vordere sichtbar), die miteinander einen Winkel von 60—80° bilden. An ihren Enden tragen sie feine Metallpinsel. Wenn die Scheiben in Rotation versetzt werden, streifen die Pinsel über die Metallknöpfe. Die Maschinenplatten enthalten immer geringe Ladungen von Elektrizität. Durch die Rotation werden aber mittels Induktion (s. oben) in bald zu besprechender Weise größere Elektrizitätsmengen „influenziert". Und nun bleibt eins der beiden elektrischen „Potentiale" (+ oder — Elektrizität) auf jedem der Metallsektoren „gebunden" zurück, während das andere frei wird und abfließen kann. Diese freigewordenen Potentiale werden von metallischen Saugkämmen, die sich an den festen Enden zweier isolierter und beweglicher Metallarme (im Horizontaldurchmesser der Maschine auf Fig. 55 sichtbar, Hauptkonduktoren) aus den Scheiben aufgesogen und zu den sog. Konduktorkugeln geführt, zwei Metallkugeln, die leitend mit den Saugkämmen verbunden die einander zugekehrten beweglichen Enden jener Metallarme nahe der Scheibenmitte bilden. Diese Konduktorkugeln können einander genähert und voneinander entfernt werden. An ihnen werden die beiden verschiedenen (+ und —) hohen Spannungen der Maschine während der Rotation angesammelt, und durch ihre mehr oder weniger große Entfernung geschieht in bald zu erwähnender Weise die Regulierung der dem menschlichen Körper zugeführten statischen Elektrizität.

Fig. 56.



Schema des Stromverlaufs in der Influenzmaschine Fig. 55.

Der Stromverlauf (Fig. 56) in der Influenzmaschine während der Rotation ist der folgende: Angenommen, ein Sektor a habe bei Beginn der Scheibendrehung in Stellung I positive Ladung (Potential +), so wird in Sektor b der gegenüberliegenden Scheibe bei unveränderter Scheibenstellung eine negative Ladung (Potential —) durch Influenz hervorgerufen. Die freiwerdende + Elektrizität fließt durch den nichtisolierten Ausgleichs-

konduktorarm g nach dem Maschinengestell und nach der Erde ab. — Bei der Scheibendrehung wandert jetzt Sektor b zum Hauptkonduktor d und gibt dort seine überschüssige — Ladung ab, ebenso wie gleichzeitig Sektor a im Hauptkonduktor c sich seiner + Ladung entledigt. In Stellung II hat also Sektor b dasselbe Potential wie Konduktor d. — Bei weiterer Drehung kommt aber b (Stellung III) mit dem Ausgleichs-Hilfskonduktorarm f in Berührung. Jetzt vereinigt sich die gemäß dem Vorgang bei Stellung I abfließende + Ladung mit der im Sektor b bei Stellung III noch vorhandenen — Ladung. Zugleich wirkt aber Sektor a in Stellung III durch seine Ladung influenzierend auf b, so daß b positive Ladung annimmt und seine freiwerdende — Elektrizität in den Hilfskonduktor g f schickt. Es influenzieren sich aber in den Stellungen I und III die Belegungen a und b mit Hilfe des Ausgleichskonduktors g f gegenseitig, wodurch eine Verstärkung der Wirkung eintritt. Die verstärkte + Ladung von b in Stellung III wird nach weiterer Drehung in den Konduktor e abgegeben. — Genau derselbe Vorgang, nur mit Vertauschung der Rollen zwischen der inneren und der äußeren Scheibe, tritt gegenüber dem Hilfskonduktor i h, wie aus der Figur leicht ersichtlich ist, auf. So tritt bei jeder Scheibenumdrehung auf jeder Scheibe viermal gegenseitige Induktion und Verstärkung auf, was die hohe Spannung an den Konduktorkugeln erklärt.

Wenn sich die Konduktorkugeln berühren, so gleichen sich auf dem Wege durch sie die beiden verschiedenen Elektrizitätspotentiale aus; werden die Kugeln voneinander entfernt, so geschieht dieser Ausgleich mittels eines Funkens. Die Funkenlänge ist der Ausdruck für die Höhe der Spannung an den Kugeln. Sind diese genügend weit entfernt, ist also eine direkte Entladung nicht möglich, so werden die beiden rechts und links an den Saugkämmen angesammelten differenten Spannungen durch die den Kastendeckel durchbohrenden Metallstäbe zu Leitungskabeln geführt (die positive zum einen, die negative zum anderen), von wo sie mittels verschieden geformter Elektroden zum menschlichen Körper geleitet werden können. Wenn man den menschlichen Körper durch einen metallbelegten Holzschemel mit Glasfüßen, eine ebenso belegte Hartgummiplatte od. dgl. isoliert, so kann man ihm jetzt, wenn die Konduktorkugeln so weit entfernt sind, daß keine Funken zwischen ihnen überspringen, nach Belieben + oder — Elektrizität zuführen.

Da die Maschinen von Witterungseinflüssen (Feuchtigkeit der Luft) abhängig sind und überdies nach längerem Gebrauche sich nicht stets in derselben Richtung laden, so ist es nötig, jedesmal vor der Benutzung zu bestimmen, welcher Pol der +, welcher der — Pol ist. Das erkennt man am besten, wenn man die Konduktorkugeln $1^1/_2$ bis 2 cm voneinander entfernt und den Funken überspringen läßt: dieser zeigt am + Pol eine hellglänzende leuchtende Strecke, am — Pol nur einen kleinen leuchtenden Punkt.

Aber es existiert noch eine zweite Möglichkeit, die von der Maschine gelieferte Elektrizität abzuleiten, welche benutzt wird, wenn es sich um die Erzielung stärker gespannter Ströme handelt (Mortonsche oder statische Induktionsströme): Im Apparat befinden sich zwei Kondensatoren (s. oben), nämlich zwei Leydner Flaschen, die in Fig. 55 zu beiden Seiten des Kurbelrades deutlich sichtbar sind.

Durch eine Hebel- oder Schraubvorrichtung können sie in den Stromkreis eingeschaltet werden. Wenn das geschieht, so geht der Strom durch beide Metallbelegungen der Leydner Flaschen: nun haben aber nach den Gesetzen der Influenz die beiden Beläge je einer Flasche zwei verschiedene Qualitäten von Elektrizität; und so werden bei dieser Anordnung sich die Elektrizitäten der inneren Beläge für sich und die der äußeren für sich ausgleichen können. Das Ausgleichen der inneren Beläge geschieht innerhalb des Kastens auf dem Wege durch die Konduktorkugeln, das der äußeren Beläge durch den menschlichen Körper: je weiter die Kugeln auseinanderstehen, und eine je kräftigere Funkenentladung zwischen ihnen stattfindet, eine um so kräftigere Entladung muß auch im Körper (der die äußeren Flaschenbeläge verbindet) erfolgen. Bei Einschaltung der Kondensatoren ist das Verhältnis also anders als bei der direkten Benutzung der Apparatelektrizität; mit der Größe der Entfernung der Konduktorkugeln wächst die Stärke der Entladung im Körper. An einer Skala kann man den Kugelabstand und die „Schlagweite" des Funkens ablesen. Damit hat man einen annähernden Maßstab für die Stärke der Körperentladung.

Durch die Einführung der Apparate für Kondensatorentladung (s. 12. Kapitel) ist freilich diese Art der Elektrizitätsapplikation sowohl zu diagnostischen als auch wohl zu therapeutischen Zwecken überholt und mindestens zum größten Teil überflüssig gemacht worden; s. übrigens weiter unten unter 4 b.

Physiologisches.

Über die physiologische Wirksamkeit dieser Elektrizitätsart steht nur weniges endgültig fest. Nach Winklers neusten Untersuchungen ruft sie (mit Ausnahme der direkten Bestreichung mit Mortonschen Strömen, s. oben) Angiospasmen hervor, woraus sich eine therapeutische Kontraindikation von selbst ergibt: die bald zu erwähnenden Wellenströme führen zu Hyperämie. Capriati und Pisani wiesen Steigerung der muskulären Arbeitsleistung, andere Autoren Stoffwechselanregung, nämlich Vermehrung der Kohlensäureausscheidung, der Wärmeentwicklung und der Schweißsekretion nach. v. Luzenberger, der die therapeutische Bedeutung dieser Elektrizitätsform besonders hochschätzt, hält ihre hypnagoge Wirkung für zweifellos.

Die therapeutische Benutzung.

Zu therapeutischen Zwecken kann man die Franklinsche Elektrizität entweder in der Weise verwenden, daß man (ohne Kondensatoren) direkt den Maschinenstrom ableitet, oder in der Weise, daß man — wie oben gesagt — nach Einschaltung der Leydner Flaschen die Ableitung vornimmt.

Die hauptsächlich benutzten Elektroden haben drei Formen: die der Kopfplatte (s. Fig. 57), die einer Spitze oder eines mit Spitzen besetzten Kranzes — Kranzelektrode — und die eines Metallknopfes — Knopfelektrode. Daneben kommen auch feuchte Elektroden zur Verwendung.

Man hat folgende Applikationsmethoden empfohlen (vgl. dazu Fig. 58, 1—5 auf S. 181):

Spitzenausstrahlung.

1. Spitzenausstrahlung: der positive Pol wird zu dem mit dem Spitzen- oder Kranzansatz armierten Elektrodengriff geleitet, während der negative Pol zum Erdboden oder zur isolierten Fußplatte (s. oben) geleitet wird. Die Elektrode soll dem Körper nicht mehr als bis höchstens 2 cm genähert werden. Es genügt auch Entfernung von 5—10 cm. Die Konduktorkugeln müssen bei dieser Art Applikation so weit (ca. 5—8 cm) voneinander entfernt sein, daß zwischen ihnen keine Entladung stattfinden kann. Die Kondensatoren (Leydner Flaschen) sind dabei nicht eingeschaltet. — Bei dieser Behandlungsmethode entstehen an den Spitzen Lichtbüschel und Ozonentwicklung. An der berührten Hautstelle empfindet man einen angenehmen Hauch (statischen Hauch oder Wind). Hauptsächlich wird das Verfahren gegen Parästhesien aller Art, gegen vasomotorisch-trophische Störungen, juckende Hautkrankheiten, Ulcus cruris, Frostbeulen, oberflächliche Kontusionen, ferner gegen Neuralgien (z. B. Trigeminusneuralgie), gegen Ohrensausen, Herzklopfen und andere Herzneurosen, sowie ganz besonders (v. Luzenberger u. a.) gegen Obstipation angewandt.

Fig. 57.



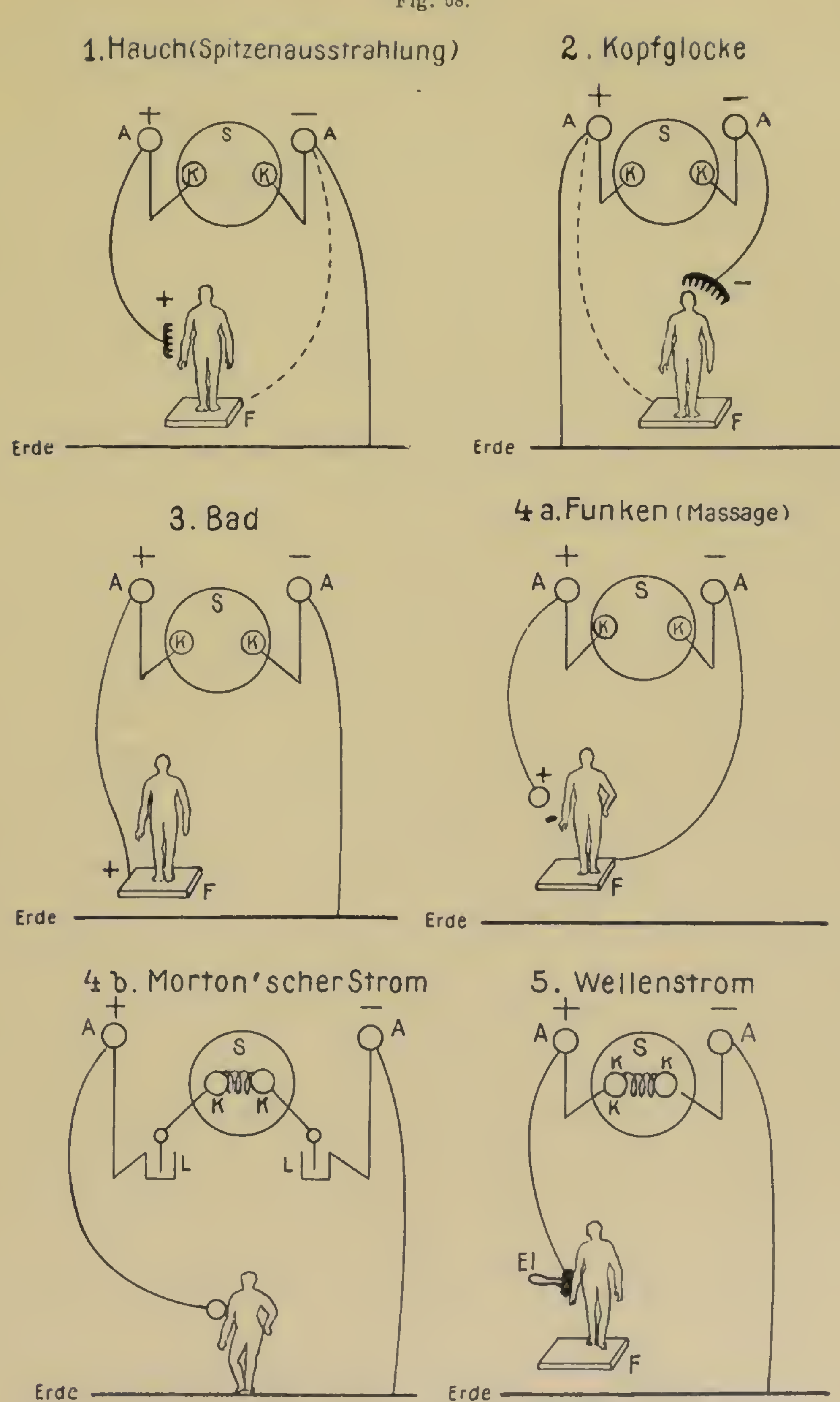
Kopfglocke zur Influenzmaschine
Fig. 55.

Kopfdusche.

2. Die Kopfdusche (auch statische Dusche genannt): Die Art der Ableitung und die Stellung der Konduktorkugeln ist die gleiche wie bei 1. Mittels eines kurzen Kabels wird der negative Pol zur Kopfplatte geleitet, der positive zur Erde oder zur Fußplatte. Die Kopfplatte ist verschiebbar, so daß sie dem Kopfe mehr oder weniger genähert werden oder auch gewissen Teilen des Kopfes speziell adaptiert werden kann. Die Näherung darf in der Regel nicht größer sein als höchstens 5 cm. Je näher die Platte steht, um so intensiver ist die Wirkung: durch Isolation des Körpers mittels der Fußplatte kann sie verstärkt werden. Die Dauer der Einwirkung beträgt etwa 5 bis 15 Minuten. Auch hier tritt das Gefühl eines Hauches sowie Emporsträuben der Haare ein. Neuerdings werden die Kopfplatten (oder Kopfglocken) an ihrer dem Kopfe zugewendeten Seite oft mit Spitzen, ähnlich denen der Spitzenkranzelektrode, versehen (Fig. 57).

Die Methode ist mit Erfolg gegen funktionellen Kopfschmerz und Migräne (namentlich die spastische Form) angewendet worden und stellt vielleicht die beste Form der elektrischen Migränebehandlung dar. Auch bei Alopecie, besonders bei Alopecia areata, scheint das Verfahren,

Fig. 58.



Die wichtigsten Methoden der Franklinisation.

Die schematischen Figuren erläutern die verschiedenen Applikationsarten. K sind die Konduktorkugeln, zwischen denen bei 4 b und 5 Funken überspringen, während sie in den übrigen Figuren so weit voneinander entfernt sind, daß das nicht möglich ist. S bedeutet die Scheiben der Maschine. A die Ableitungskontakte außerhalb des Apparatkastens, von denen die Kabel teils zu den Metallelektroden (Spitzenkranz, Kopfglocke, Kugel), teils zur Fußplatte F, auf der der Patient steht, oder zur Erde gehen. L in 4 b sind die Leydner Flaschen, El in 5 eine feuchte Elektrode.

das übrigens nach Rondelet schon von Marat, dem Helden der französischen Revolution, bei Kopfschmerz u. a. Leiden ärzlich erprobt und empfohlen wurde, erfolgreich zu sein. Lewandowski und Eulenburg haben es auch bei Morbus Basedowii wirksam gefunden.

Statisches Luftbad.

3. Das statische Luftbad oder die allgemeine Franklinisation: Bei gleicher Ableitung und gleichem Konduktorkugelstand wie bei 1. und 2. wird der Körper auf die isolierte Fußplatte gestellt oder auf einen Isolierstuhl gesetzt und die Platte resp. der Stuhl mit dem positiven Pol verbunden, während der negative zur Erde abgeleitet wird. So bleibt der Patient, während die Maschine in Tätigkeit ist, ca. 10 Minuten lang. Man achte darauf, daß der Patient nicht einen leitenden Körper berührt, damit er nicht einen unerwarteten elektrischen Schlag erhält. Es besteht entweder gar keine Empfindung oder eine unbestimmte, der oben genannten ähnliche.

Bei dieser Applikation, sowie bei allen übrigen, kann der Patient bekleidet bleiben.

Die Methode wird mit Vorteil als Ersatz für allgemeine Faradisation und Galvanisation bei funktionellen Neurosen zur Beruhigung, zur Erzielung von Schlaf usw. verwendet. Auch zur Behandlung von Stoffwechselkrankheiten (Chlorose, Arthritis deformans, Diabetes usw.) wird sie vielfach empfohlen*).

Funkenstrom.

4. Der Funkenstrom wird in doppelter Weise appliziert:

a) bei gleicher Anordnung wie in den oben besprochenen Methoden (mit voneinander entfernten Konduktorkugeln): einer der beiden Pole wird dann zur Fußplatte geführt, während der andere, meistens der positive, mit der Knopfelektrode bewaffnet, vom Arzte gehalten und dem Körper des Patienten genähert wird. Schon bei großem Abstand der Elektroden vom Körper (10—30 cm) springen mit Knall durch die Kleider hindurch Funken über, die durch Bewegen der Elektrode auf einzelne Punkte (z. B. Muskelpunkte) isoliert werden können. — Das Verfahren, das stark hautreizend und -rötend wirkt, kann gegen Anästhesien, Muskel- und Gelenkerkrankungen, sowie gegen funkionelle Beschwerden aller Art versucht werden. Einzelne Fälle mangelhafter Milchsekretion sollen erfolgreich damit behandelt worden sein. Bei Neuralgien ist Vorsicht ratsam. Auch gegen Lähmungen und Atrophien ist es empfohlen worden, wird aber dann meist durch das folgende (4b) ersetzt.

Eine Modifikation, die besonders bei rheumatischen Affektionen (Torticollis, Lumbago) und bei Obstipation in Anwendung kommen soll, stellt die statische Massage (v. Luzenberger) dar. Man bedeckt die zu behandelnde Stelle des Körpers mit einem isolierenden Wolltuche und fährt nun mit einer kugelförmigen Elektrode über der

Statische Massage.

*) Eine andere Methode zur allgemeinen Franklinisation empfiehlt unter dem Namen „konzentrische Franklinisation“ Breitung — allerdings unter höchst anfechtbarer theoretischer Begründung: eine Art Käfig („Pavillon“), ähnlich dem später zu beschreibenden Arsonvalschen, bestehend aus Ebonitstäben, zwischen denen Metalleisten laufen, nimmt den Patienten auf; den Metalleisten entströmt der „statische Wind“.

betreffenden Region auf und ab. Die übrige Anordnung ist die gleiche wie bei 4a. Eine Hautrötung ist der sichtbare Effekt dieses Verfahrens.

Mortonsche Ströme.

b) Die Anordnung ist die der Mortonschen Induktion (s. oben S. 178): die Kondensatoren werden eingeschaltet, die Konduktorkugeln zusammengelegt und so die äußere Belegung der einen Leydner Flasche zu dem mit einer trockenen oder feuchten Knopfelektrode armierten Handgriff, die der anderen zur Erde geführt. — Die Elektrode wird auf die lokalisiert zu treffende Stelle des Körpers, z. B. auf einen Muskelpunkt, aufgesetzt. Jetzt werden langsam und allmählich die Konduktorkugeln entfernt: dabei treten zwischen ihnen Entladungen auf, denen gleichstarke (sog. „dunkle") Entladungen im Körper entsprechen. Schon bei Kugelabstand von 5—10 mm treten normaliter Zuckungen ein, die durch weitere Vergrößerung des Abstandes immer mehr verstärkt werden können. Abstände über 3—4 cm sind im allgemeinen unzulässig.

Diese Methode wird zur Behandlung von Lähmungen und Gelenkerkrankungen, sowie bei Ischias, tabischen Schmerzen, Magen- und Darmatonie, Urininkontinenz, Nasenröte, Herpes zoster, Akne, Varizen, Lupus, Alopecie u. a. gelegentlich angewendet. Die damit gemachten elektrodiagnostischen Versuche haben trotz einzelner interessanter Beobachtungen (Franklinsche Zuckungsträgheit bei blitzartiger galvanischer und faradischer Kontraktion u. dgl.) bisher keine praktische Bedeutung erlangt (s. übrigens Kapitel 12 den Abschnitt über Kondensatorentladungen).

Wellenströme.

5. Als Wellenströme (Wave-currents) wird in den letzten Jahren eine Methode der Franklinisation beschrieben, die in folgendem besteht: Der Patient ist isoliert; eine feuchte Elektrode steht an der kranken Stelle, sie ist mit einem (dem positiven) Pole der Maschine verbunden, der andere Pol ist zur Erde abgeleitet. Die Leydner Flaschen sind nicht eingeschaltet, die Konduktorkugeln aber nur so weit von einander entfernt, daß ein Funkenüberspringen stattfindet. Im Körper tritt dann ein fortwährendes rasches Laden und Entladen ein, das mit einem Gefühl von Erschütterung einhergeht und auch zu Schweißbildung führt. — Die therapeutische Wirksamkeit ist bisher noch nicht ganz geklärt. Zur Behandlung der Sklerodermie und der Narbenkeloide wird es empfohlen.

---

11. Kapitel.

IV. Über Arsonvalisation oder Teslaisation.

(Anwendung hochgespannter Wechselströme nach Tesla-d'Arsonval.)

Nicola Tesla machte vor etwa 15 Jahren Versuche, zu technischen Zwecken Wechselströme zu verwenden, die von allen bisher gekannten Stromarten sich durch ihre ungeheure Spannung unterschieden (Tesla-Ströme). Etwa gleichzeitig mit ihm — und offenbar gänzlich unabhängig — hat d'Arsonval die Wirkung solcher Ströme von

außerordentlich hoher Spannung auf den tierischen und menschlichen Körper zum Gegenstande eingehenden Studiums gemacht.

Prinzip des Hochfrequenzstromes.

Man erhält diese „hochgespannten Ströme" dadurch, daß man (vgl. auch S. 13ff.) vermittels gewisser Vorrichtungen gleichgerichtete Ströme relativ niedriger Spannung (z. B. die Dynamo-Gleichströme der öffentlichen Beleuchtungszentrale) in Wechselströme von äußerst rascher Wechselfrequenz verwandelt, und zwar in folgender Weise:

Man leitet den Strom einer Zentrale (Beleuchtungsanlage) oder einer kräftigen Akkumulator-Batterie, ehe man ihn zum Körper führt, durch ein großes, mittels Kondensatoren (Franklin-Tafeln) verstärktes Induktorium, einen sog. Rühmkorffschen Funken-Induktor, der durch enorme Vermehrung der Windungen und sehr häufige (von einem Quecksilberunterbrecher hervorgebrachte) Unterbrechungen stark genug gemacht wird, um gegebenenfalls Funken von ca. 25—50 cm (und mehr) Schlagweite zu erzeugen. Setzt man den Funkeninduktor, indem man seinen Quecksilberunterbrecher in Gang bringt, in Tätigkeit, so ergibt Ableitung von seiner sekundären Spirale einen Strom, dessen elektromotorische Kraft (Spannung) sehr groß ist, beträchtlich größer als die ursprüngliche, und zwar infolge des häufigen Richtungswechsels im Induktorium und der enormen Windungszahl der Sekundärspirale (s. S. 13ff. u. 161).

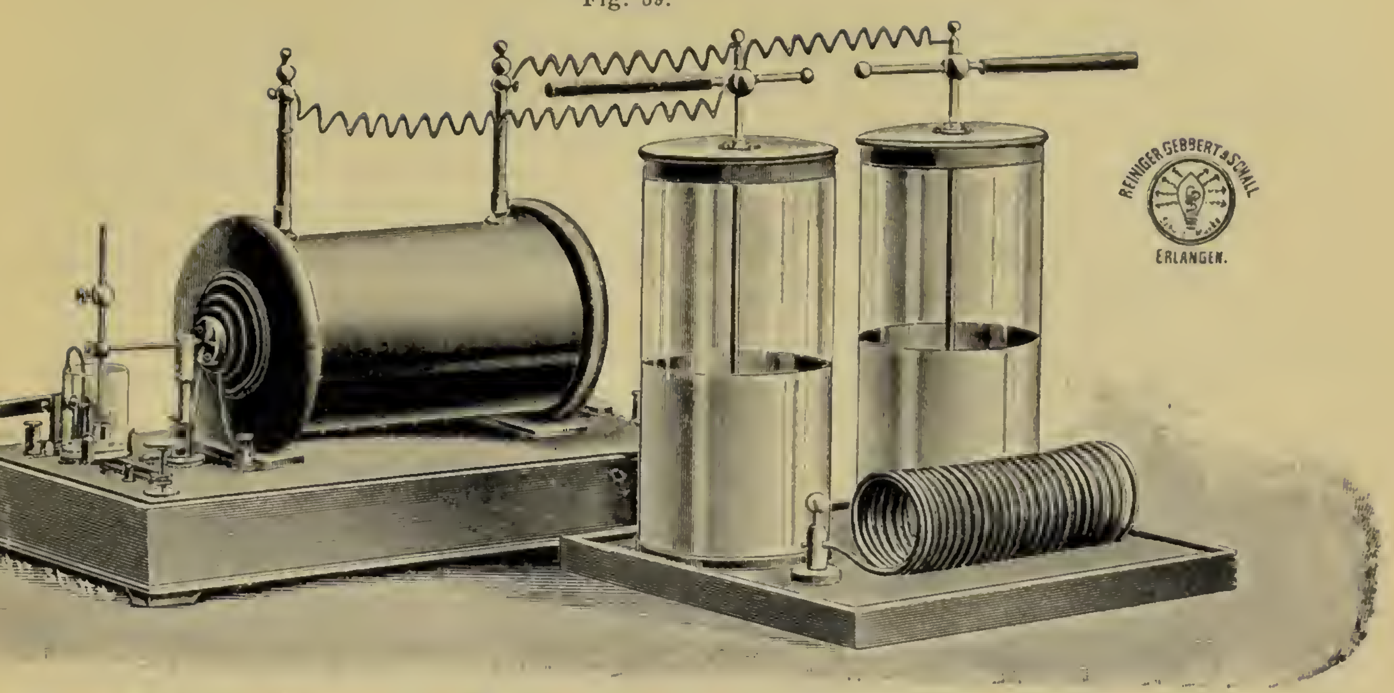
Diesen hochgespannten Wechselstrom führt man zu zwei Leydner Flaschen, deren innere Belegungen durch einen sog. Entlader mit regulierbarer Funkenstrecke miteinander verbunden werden können: solange das Induktorium in Tätigkeit ist, springt dann zwischen den Entladern dieser Flaschen fortwährend ein Funken über, dessen Kraft und Länge von der Kraft des Rühmkorff-Apparates abhängt. Dieser Funken aber ist nachgewiesenermaßen keine einheitliche Leuchtstrecke, sondern besteht aus zahllosen, äußerst raschen, mit den gewöhnlichen Hilfsmitteln nicht sichtbaren, aber graphisch darstellbaren Oszillationen. Verbindet man nun die äußeren Belegungen der Leydner Flaschen mit einem Solenoid (einer kurzen Spirale aus dickem Kupferdraht), so entsteht in diesem letzteren, das nach S. 13, Fußnote, dem Strom einen sehr geringen Widerstand bietet, ein Strom von ebenso zahlreichen Unterbrechungen, als jener überspringende Funken Oszillationen macht: denn jede der in der Sekunde erfolgenden Hunderttausende von Oszillationen bedeutet eine Unterbrechung für den im Solenoïd kreisenden Strom. Dementsprechend (s. S. 14f.) steigt denn auch die Stromspannung im Solenoid bis auf Hunderttausende, ja bis 1 Million Volts.

Diesen Strom kann man vom Solenoid selbst oder einer ihm beigefügten sekundären Spirale auf den Körper ableiten. — Er ist so stark, daß er eine in Entfernung an einem geschlossenen Kupferbügel gehaltene, mit dem Solenoid nicht verbundene Glühlampe zum Aufglühen bringt (Tesla-Licht).

Instrumentarium.

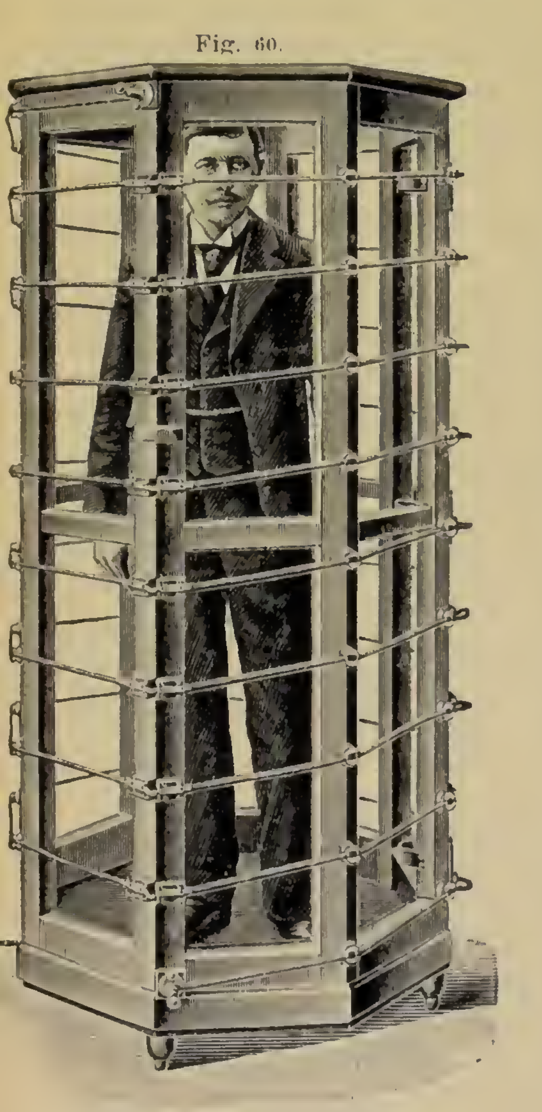
In Fig. 59 u. 60 ist einer der für Anwendung der „Hochfrequenzströme" konstruierten Apparate, der von der Firma Reiniger, Gebbert & Schall hergestellte, (unter Weglassung des Tableaus und

Fig. 59.



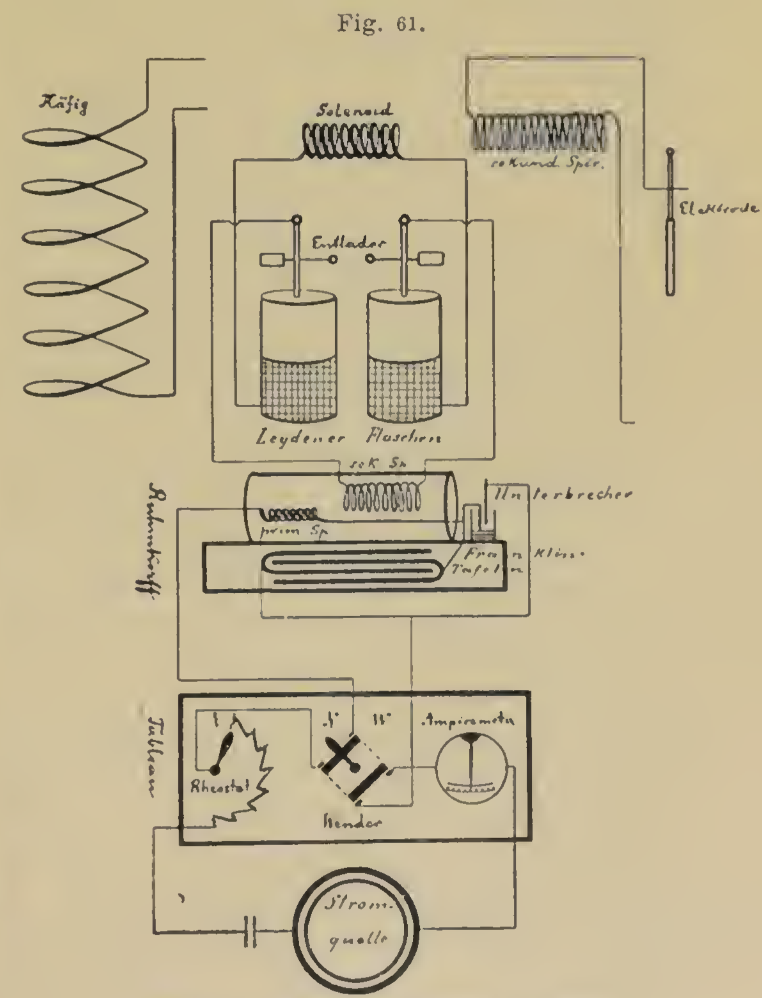
Apparat für Hochfrequenzströme (Rühmkorffscher Induktor, Leydner Flaschen und Solenoid).

Fig. 60.



Großes Solenoid (Käfig)
zur allgemeinen Arsonvalisation.

Fig. 61.



Schema des Stromverlaufs in einem Apparat für Hochfrequenzströme.

der Stromquelle) abgebildet. Das Schema, Fig. 61, wird das Verständnis des Stromverlaufs in einem solchen Apparate erleichtern:

Physiologisches.

Von einer Stromquelle (Beleuchtungsanlage oder Akkumulatorbatterie) gehen durch ein Wandtableau hindurch Verbindungen zum Induktorium. Das Tableau enthält die Apparate zur Stromregulierung (Widerstände, Stromwender) und zur Messung (Ampèremeter); oft auch den Quecksilberunterbrecher für den Induktor (in Fig. 59 steht er am Induktorium links, in Fig. 61 rechts).

Der Induktor, der in den meisten Apparaten Funken von mindestens 25 cm Schlagweite liefert, ist durch zwei Leitungskabel mit den Kondensatoren — den Leydner Flaschen — verbunden. Die inneren Flaschenbeläge tragen am oberen Ende zwei in Kugeln auslaufende Metallstäbe (Entlader), während Ableitungen der äußeren Flaschenbeläge zu den beiden Enden eines Solenoids führen. An den Entladern findet, wenn der Apparat in Tätigkeit ist, der Ausgleich der elektrischen Spannung in einem kräftigen (durch Verschieben der Entlader in seiner Länge regulierbaren) Funken statt; wie oben gesagt, erzeugen die zahlreichen unsichtbaren Oszillationen dieses Funkens den gewünschten frequenten Stromrichtungswechsel.

Von diesem enorm kräftigen Strome, der durch bloße Strahlung Lampen aufglühen läßt, müßte man a priori eine augenfällige, eklatante Wirkung auf den menschlichen Körper, besonders auch auf dessen Motilität und Sensibilität, erwarten. Diese Wirkung tritt nicht ein. Im allgemeinen bringt sowohl die lokale wie die allgemeine Applikation des Hochfrequenzstroms auf den Körper in diesem weder Muskelzuckung noch Empfindung hervor.

Anm. Bei längerer Einwirkung tritt freilich an der betreffenden Hautstelle schmerzhafte Rötung mit Quaddelbildung, gelegentlich auch Anästhesie, auf, und bei leisen oder nicht ganz vollendeten Berührungen mit der später zu erwähnenden Kondensatorelektrode sowie namentlich bei Anwendung der Resonanzmethoden (s. unten) kann man ein Überspringen von Funken oder Büscheln und brennendes oder prickelndes Gefühl sowie auch (bei ähnlichen Applikationen) Muskelzuckungen hervorrufen. Alle diese Phänomene stehen aber quantitativ in keinem Verhältnis zu der vorhandenen ungeheuren Stromspannung und sind wahrscheinlich lediglich Nebenwirkungen der Hochfrequenz infolge der durch das Wesen der gewöhnlichen Stromerzeugung bedingten starken „Dämpfung" der vorerwähnten Oszillationen, d. h. einer Ungleichmäßigkeit derselben, die in rhythmisch-periodischem Nachlassen der Schwingungsamplituden und zeitweiligem Aussetzen aller Schwingungen besteht.

Daß der Strom trotzdem den Körper passiert, sieht man, wenn man der Versuchsperson eine Glühlampe an einem Drahtbügel in die Hand gibt: die Lampe glüht auf, aber eine Empfindung tritt nicht ein.

Wie man diese Tatsache zu erklären hat, darüber herrschen noch Meinungsverschiedenheiten. Möglich ist, daß der sehr gespannte Strom im Körper gleichhoch gespannte, entgegengesetzt gerichtete Ströme (Extraströme, s. S. 16) durch „Selbstinduktion" erzeugt, die dem Strome den Eintritt ins Körperinnere verwehren und ihn gewissermaßen nur über die Oberfläche hinstreichen lassen; möglich

auch, daß das motorische und sensible System des Körpers nur auf eine gewisse mittlere Stromwechselfrequenz „eingestellt“ ist und auf schwächere und stärkere Wechselfrequenzen ebensowenig antwortet wie Auge und Ohr auf Licht- und Schallwellen zu niedriger bzw. zu hoher Schwingungszahlen. Sicher begründet sind weder diese beiden, noch eine der anderen aufgestellten Hypothesen. Am einleuchtendsten erscheint mir die Nernstsche Erklärung, die an den Vorgang der Ionenwanderung (s. oben S. 107) anknüpft: zur Auslösung eines sensorischen oder motorischen Reizes ist Transport und Anhäufung einer bestimmten Menge von Ionen erforderlich. Je höher die Wechselfrequenz wird, um so rascher wird die Reizwirkung des einen Stromimpulses von der des folgenden entgegengesetzten paralysiert. Beim Hochfrequenzstrom geschieht das, ehe der für einen Reiz genügende Schwellenwert der Ionanhäufung an den halbdurchgängigen Membranen im Körperinnern (s. oben S. 107) eintreten kann (Telemann).

Die naheliegende Annahme, daß — bei der fehlenden äußeren Wirkung des Hochfrequenzstroms auf den Körper — seine innere Wirksamkeit um so größer sein dürfte, schien durch d'Arsonvals Versuche Bestätigung zu erfahren: er fand experimentell an Tieren Blutdruckveränderungen (Erweiterung und darauffolgende Verengerung der Kaninchenohrgefäße usw.), sowie Stoffwechselbeschleunigung bei Applikation des Hochfrequenzstromes, und auch beim Menschen glaubten er und andere Forscher ähnliche Erscheinungen nachgewiesen zu haben. Nachuntersuchungen, die T. Cohn und A. Löwy, später Donner, Denobele, Carvalho, Christiansen und neuerdings Bergonié, Broca und Ferrié mit einem besonders kräftigen Instrumentarium angestellt haben, zeigten jedoch, daß jene Beobachtungen auf Fehlerquellen zurückzuführen und keinerlei Wirkungen der Hochfrequenzströme auf den Blutdruck nachzuweisen sind. Die von d'Arsonval erhobenen Befunde über bakterientötende Wirksamkeit des Hochfrequenzstromes sind von einzelnen Forschern bestritten, von anderen dagegen bestätigt worden. Lecomte hat sogar nachgewiesen, daß kleinere Tiere durch die Ströme getötet werden. Man muß jedoch bedenken, daß bakterizide Wirkung mehr oder weniger allen Formen der Elektrizität zukommt, so z. B. den galvanischen Strömen (G. Klemperer, Krüger), daß also auch in diesem Punkte keine spezifische Wirksamkeit der Hochfrequenz nachgewiesen ist. Somit ist auch gegenwärtig noch, wenn man von den mechanischen und thermischen Wirkungen (Fulguration, Transthermie, s. unten) absieht, das meiste, was über die physiologischen Wirkungen dieser Ströme, sowie über die therapeutischen Indikationen für die „Arsonvalisation“ (oder „Teslaisation“) berichtet worden ist, mehr oder weniger hypothetischer resp. empirischer Natur.

Therapeutische Arsonvalisation.

Bei den Behandlungserfolgen spielt wahrscheinlich in der Mehrzahl der Fälle neben dem Hautreiz (S. 110) und der Wärmewirkung die Suggestion die Hauptrolle (T. Cohn, Kindler). — Von Apostoli, Berlioz, Moutier, Oudin, Doumer u. a. wird die Behandlung

mit Hochfrequenzströmen besonders bei folgenden Krankheiten empfohlen:

1. Stoffwechselkrankheiten: Gicht, Diabetes, Fettsucht, Asthma, Gallen- und Nierensteine, Rheumatismus, Blutarmut. Auch gegen bösartige Tumoren;

2. Hautkrankheiten: Ekzem, Akne, Furunkulose, Herpes, Psoriasis, Lichen ruber, Lupus, Erythema exsudativum usw. (Hier sollen nach Eulenburg u. a. besonders günstige Behandlungsresultate erzielt werden);

3. nervöse Symptome: Neuralgien (namentlich Ischias), tabische Schmerzen, auch Krisen, Meralgia paraesthetica, Hemikranie, Kephalalgie, Ohrgeräusche, Magenatonie, nervöse Herzbeschwerden;

4. zur Herabsetzung des Blutdrucks bei Arteriosklerose resp. Präsklerose oder ähnlichen Zuständen;

5. Erkrankungen der Urogenitalsphäre bei beiden Geschlechtern, sowie Hämorrhoiden und Fissura ani;

6. Lungen-, Knochen-, Gelenk- und Drüsentuberkulose.

Den Heilungsberichten, soweit sie Fälle der letzten Art betreffen, ist größte Skepsis entgegenzubringen. Den meisten Mitteilungen über günstige Resultate stehen solche gegenüber, die von völligem Versagen der Methoden melden. Sehr wahrscheinlich ist es indessen, daß dem Hochfrequenzstrom eine schlafbessernde (T. Cohn u. a.) und nach den neueren Erfahrungen vielleicht auch, daß ihm eine besonders kräftige bakterizide Wirkung bei Hautaffektionen zukommt; die letztere wird indessen von Bergonié u. a. auf Hitzewirkung zurückgeführt. — Von Régnier und Didsbury ist der Strom als Anästhetikum bei Zahnoperationen benutzt worden.

Über Schädigungen durch den Strom ist Zuverlässiges kaum zu melden. Die von einigen Autoren aufgestellte Behauptung, daß Hysterie und Neurasthenie durch die Arsonvalisation gar nicht oder ungünstig beeinflußt werden, ist nach meiner Erfahrung nicht zutreffend. Inwieweit die Mitteilungen von Atemnotanfällen, Schwindel, Erbrechen, Kopfweh als Folgen unzweckmäßiger Hochfrequenzstrombehandlung sich bestätigen, müssen weitere Beobachtungen lehren. Ich selbst habe nie Ähnliches bemerkt.

Methoden.

Die hauptsächlichsten zur Anwendung kommenden Methoden sind die folgenden:

Direkte Ableitung.

1. Lokale Arsonvalisation (direkte Ableitung): von beiden Seiten des primären Solenoids oder einer sekundären Rolle desselben werden Verbindungen zum (bekleideten) Körper des Patienten geleitet; resp. nur von einer Seite des Solenoids, während die Ableitung der anderen Seite zum Erdboden geht. Der Patient wird mit einer metallenen oder einer überzogenen und befeuchteten Knopfelektrode bestrichen, oder er hält die Elektrode — bei Ableitung des andern Pols zur Erde — in der Hand, während die Hand des Arztes über die erkrankte Region streicht, ohne die Haut direkt zu berühren; dabei springen kleine Funken oder Lichtbüschel über. Die Methode wird gegenwärtig

seltener angewendet, sie ist von der folgenden und den Resonanzverfahren verdrängt worden. Grade ihr wurde eine besondere antibakterielle Wirkung zugeschrieben. Bei Anwendung der Funken oder Lichtbüschel bleibt oft längere Zeit nachher lokale Hautrötung oder Anästhesie zurück.

Kondensation.

2. Kondensationsmethode (indirekte Ableitung): es wird hinter das Solenoid oder seine sekundäre Rolle, bevor der Strom in den Körper tritt, noch ein Kondensator gebracht, entweder eine sog. Kondensatorelektrode (eine mit Graphit gefüllte, knopfartig endende Glasröhre), die zum Körper des Patienten geführt wird, oder ein Sofa (Kondensatorbett), auf dem der Patient liegt, und dessen untere Fläche eine Metallbelegung trägt. In beiden Fällen bildet der Körper gleichsam die äußere Belegung einer Leydner Flasche. Sensationen oder Muskelzuckungen treten bei diesem Verfahren in der Regel nicht ein, dagegen Erwärmung, die z. B. gegen Rheumatismus, Neuralgien, tabische Schmerzen usw. angewendet werden kann.

Autokonduktion.

3. Allgemeine Arsonvalisation (Autokonduktion im „Käfig“): in leitende Verbindung mit dem kleinen Solenoid wird ein großes, stehendes Solenoid (Käfig) gebracht, in welchem der Patient stehen oder sitzen kann, ohne mit der Leitung in Berührung zu sein (s. Fig. 60). Der Kranke bildet dann gleichsam selbst einen vom Strom umkreisten geschlossenen Elektrizitätsleiter (sekundäre Spirale oder dgl.). Vor Berührung der Solenoidwindungen oder der Leitungen braucht man sich — wie aus dem Obigen hervorgeht — nicht zu fürchten. Man fühlt nichts. (Eine mit dem Körper oder an seiner Stelle mittels eines kurzen Drahtgewindes in den Käfig gebrachte, mit der Käfigwand selbst nicht verbundene Glühlampe glüht jedoch auf.) Das Verfahren dient zur Behandlung der Stoffwechselkrankheiten, der Neurosen und Infektionskrankheiten (s. oben) sowie zur Schlaferzeugung und zur Herabsetzung des Blutdrucks.

Resonanz.

4. Resonanzmethode (Oudin). Gleichwie eine schwingende Stimmgabel eine mit ihr abgetönte zweite in Mitschwingungen versetzt, so daß der von dieser ausgehende Ton ein oder mehrere Oktaven höher ist, so werden auch in einem zweiten Solenoid, welches neben einem ersten derart angebracht ist, daß die aus möglichst dünnem Draht bestehende sekundäre Spirale die Fortsetzung der primären bildet, und dessen Selbstinduktion (s. S. 16) mit der der ersten übereinstimmt, elektrische Schwingungen von dem nämlichen Umfange entstehen (Fromme). Das ist das Prinzip der Resonanzmethode, durch die eine Erhöhung der ursprünglichen Spannung und gleichzeitig die Möglichkeit feinerer Regulierung erreicht werden soll: von dem Arsonvalschen kleinen Solenoid oder an seiner Stelle wird eine stehende Spirale aus zahlreichen feinen Drahtwindungen — Resonator (s. Fig. 62 u. 63) — mit den äußeren Belegungen der Leydner Flaschen in leitende Verbindung gebracht, und zwar derart, daß nur ein kleiner unterer Abschnitt von ihr in den Stromkreis eingeschaltet wird. In dem übrigbleibenden oberen Teil des Resonators wird damit durch

Induktion Hochspannung erzeugt. Die zylindrische Resonatortrommel, die um ihre Zylinderachse drehbar ist, steht nämlich am unteren Ende ihrer Drahtwickelung mit der äußeren Belegung der einen Leydner Flasche in Verbindung, während von der äußeren Belegung der zweiten eine Verbindung zu einem federnden Kontakthebel geht, der über dem unteren Abschnitte der Drahtwickelung schleift (s. Fig. 63). Durch Drehung der

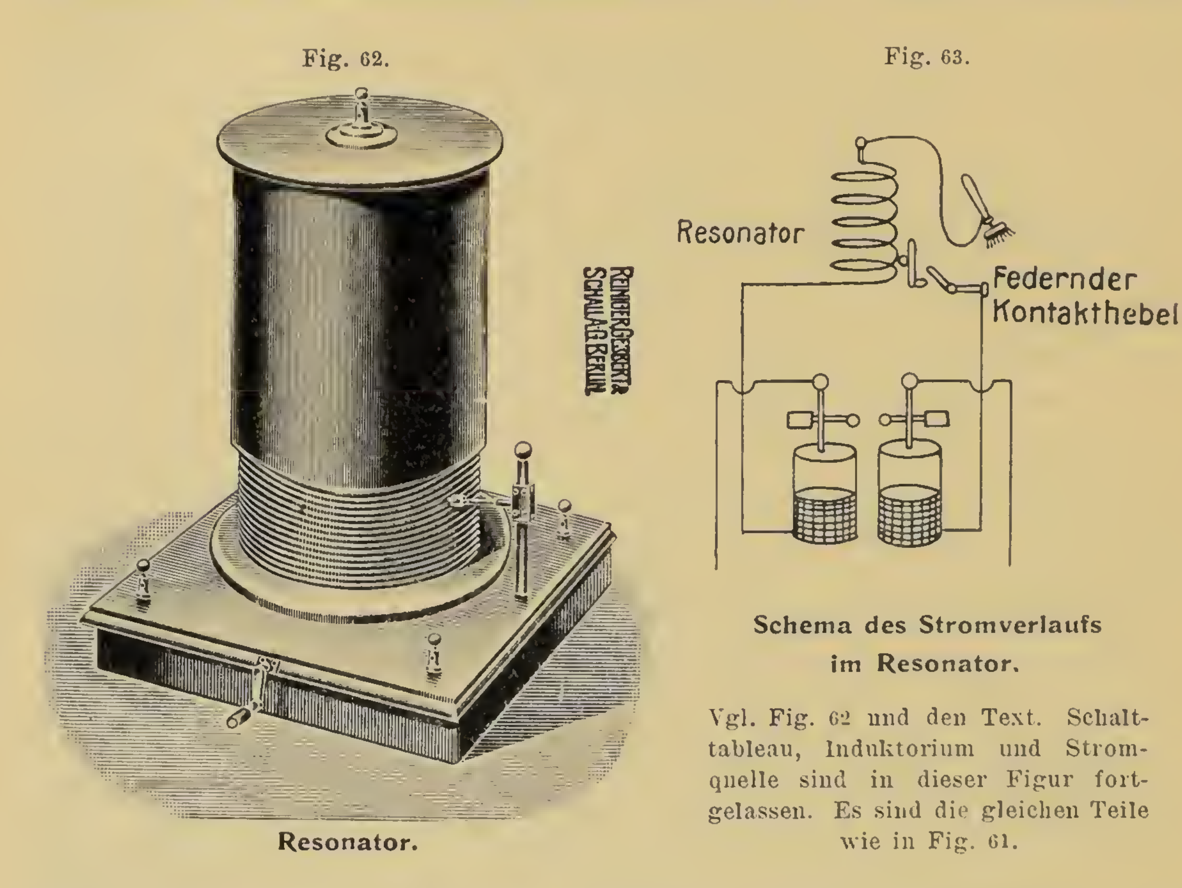


Fig. 62.

Resonator.

Fig. 63.

Schema des Stromverlaufs im Resonator.

Vgl. Fig. 62 und den Text. Schalttableau, Induktorium und Stromquelle sind in dieser Figur fortgelassen. Es sind die gleichen Teile wie in Fig. 61.

Trommel kann man nun leicht das Verhältnis des unteren (induzierenden) zum oberen (induzierten) Spiralenabschnitte ändern: bei einem bestimmten, jeweilig auszuprobierenden gegenseitigen Verhältnis dieser beiden Abschnitte, d. h. bei einer bestimmten nicht zu hohen Stellung des Kontakthebels, ist das Optimum der „Resonanz“ zwischen induzierendem und induziertem Abschnitt erreicht, die „sekundäre Hochspannung“ also am höchsten und die Wirkung am größten. — Die Resonatoren werden in verschiedener Form und Größe angefertigt, die großen tragen gewöhnlich im oberen Abschnitt zum Schutze gegen Strahlungsverlust eine isolierende Harzschicht (Fig. 62). Von einem am oberen Ende der Drehungsachse angebrachten Kontakt wird mittels Kabels und verschiedener Elektroden mit Spitzen-, Bürsten- oder Knopfansatz resp. mittels einer Kondensatorelektrode (s. oben) der Strom unipolar oder auch bipolar zum Körper geleitet.

Neuerdings empfiehlt Oudin als noch stärker wirkend einen „Doppelresonator“. Die beiden Resonatoren werden dann so geschaltet, daß die an ihren Endpolklemmen auftretenden Entladungen eine entgegengesetzte Polarität aufweisen, sich also gegenseitig anziehen. Um besonders kräftige Entladungen (bis 70 cm Funkenlänge) zu erreichen, kann man statt zweier Leydner Flaschen vier einschalten. Der Patient sitzt zwischen

den Resonatoren, deren gegenseitige Entfernung regulierbar ist, und wird ihrer Ausstrahlung ausgesetzt, oder er hält eine mit der Polklemme des einen Resonators verbundene Elektrode in der Hand, während von der Polklemme des anderen mittels einer Pinselelektrode Funken auf den Patienten übergeführt werden.

Die vom oberen Ende eines Resonators abgenommenen Hochfrequenzströme sind von wesentlich höherer Spannung als die durch die anderen Methoden erzeugten. Abgesehen davon, daß unter Umständen — besonders bei gewisser Entfernung der Elektroden von der Haut — Schmerz, Parästhesien und starke Muskelzuckungen entstehen (denn das ist gewiß nicht eine Folge der gesteigerten Hochspannung, sondern der starken Dämpfung, s. oben 186), gehen vom freien Kontakt eines kräftigen Resonators starke blitzähnliche Ausstrahlungen in die Luft über, die auf Gewebe lokalisiert, eine destruierende Wirkung ausüben. Von de Keating-Hart ist ihre therapeutische Verwertung unter dem Namen Fulguration zur Zerstörung von Karzinomen empfohlen worden. Durch besondere sondenförmige Elektroden mit isoliertem Ende und einer eigenen Gaskühlvorrichtung werden unerwünschte Verbrennungen gesunden Nachbargewebes verhindert. Gegenwärtig wird das Verfahren, das anfangs eine Reihe namhafter Fürsprecher fand, bald aber beträchtliche Enttäuschungen brachte, wohl höchstens noch nach möglichst radikaler Messerabtragung von Tumoren zur Säuberung der Schnittfläche von etwa übersehenen Geschwulstkeimen benutzt.

Fulguration.

Im übrigen dient die Resonanzmethode in erster Reihe zur Behandlung der oben erwähnten Hautkrankheiten inklusive Lupus, Epitheliom, Unterschenkelgeschwür usw., ferner zur Behandlung von Fissura ani, Hämorrhoiden, Gelenk- und Lungentuberkulose. Sie wird aber auch bei Gelenkrheumatismus, Neuralgien und tabischen Schmerzen, sowie — unter Ableitung der Franklinschen Kopfplatte (Fig. 57) vom Resonator — bei Hemikranie und Kephalalgie angewandt.

Auch zu hydroelektrischen Bädern benutzt man den vom Resonator oder direkt vom kleinen Solenoid abgeleiteten Hochfrequenzstrom, indem man eine Elektrode in ein Badegefäß leitet, in das der erkrankte Körperteil taucht. Wird der Resonator nicht benutzt, so hält der Patient in der freien Hand eine mit dem anderen Ende des Solenoids verbundene Elektrode. Bei Erkrankung z. B. beider Hände oder beider Füße werden zwei Badegefäße gebraucht, in deren jedes eine Elektrode eintaucht; zur Behandlung aller vier Extremitäten dienen gegabelte Leitungsschnüre mit vier Elektroden, deren jede zu einem Gefäße führt, oder Vierzellenbäder (vgl. S. 136). — Hochfrequenzvollbäder werden in der Weise appliziert, daß der Patient in einer Wanne sitzt, zu der eine Elektrode von einem Ende des Solenoids führt, während er die vom anderen Ende abgeleitete (ev. gegabelte) Elektrode mit den Händen faßt.

Hochfrequenzbäder.

5. Thermopenetration, Transthermie, Diathermie. Daß der Hochfrequenzstrom im Inneren des Körpers thermische Wirkungen ohne besonderes äußeres Hitzegefühl erzeugt, wurde schon von

Transthermie.

d'Arsonval selbst und nach ihm von anderen Forschern vor längerer Zeit nachgewiesen. Erst neuerdings ist es aber gelungen, durch geeignete Modifikation des Stromes im Körperinnern hochfebrile Temperaturen (an Versuchstieren bis 40—50°) zu erreichen, ohne daß die Haut, die freilich infolge ihres hohen spezifischen Widerstands besonders starke Erwärmung erfährt, durch die Stromapplikation verletzt zu werden brauchte. Diesen Vorgang der Thermopenetration, Transthermie oder Diathermie erreicht man durch Umwandlung der stark „gedämpften" (s. S. 186) Hochfrequenzoszillationen in schwachgedämpfte (resp. durch Intervallverkürzung zusammengedrängte) oder in gänzlich ungedämpfte: das erstere gelingt mit Hilfe besonders geformter, hier nicht näher zu beschreibender Kupferelektroden für die überdies gegen Bogenbildung geschützte Funkenstrecke (Nagelschmidt), das letztere mit Hilfe des bekannten Poulsenschen „tönenden Lichtbogens" (v. Zeynek, Laqueur, v. Bernd). — Motorische und sensible Reizerscheinungen sind entsprechend dem Fortfall der Dämpfung nicht vorhanden. — Das noch ganz junge Verfahren ist bisher zur Bakterizidie im Körperinnern, besonders gegen Pneumonie und gonorrhoische Arthritis, ferner bei Tuberkulose, Gicht und Rheumatismus, von Nagelschmidt auch bei Tabes empfohlen worden.

Die Dauer der meisten Hochfrequenzapplikationen beträgt 3—10 Minuten. Wiederholungen sollen täglich bis zweitägig stattfinden.

Das Instrumentarium ist sehr kostspielig, verbilligt sich jedoch für Besitzer eines Rühmkorffschen Induktoriums (Röntgenapparats) erheblich.

---

12. Kapitel.

Über einige neuere medizinisch angewandte Elektrizitätsformen.

(Sinusoidalströme, Leducstrom, Kondensatorentladungen, Jodkostrom, Elektromagneten.)

In diesem Kapitel soll über einige z. T. in diesen Blättern schon mehrfach erwähnte, aber noch nicht gesondert beschriebene Stromformen berichtet werden, die in den letzten Jahren Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung und praktisch diagnostischer und therapeutischer Anwendung geworden sind. Es sind dies die Sinusoidalströme, der Leducstrom, die Kondensatorentladungen, der Jodkostrom und die Elektromagneten. Sie haben bisher — mit alleiniger Ausnahme der Sinusoidalströme — keinen Eingang in die allgemeine Praxis gefunden. Diese letztgenannte Stromart soll deshalb hier an erster Stelle Besprechung finden, und zwar vorwiegend nach physikalisch-technischer Seite hin, da ihr Indikationsbereich und ihre Methodologie mit denen ähnlicher, länger bekannter Stromformen zusammenfällt. Die geringe Verbreitung des Leducstromes und der Kondensatorentladungen ist besonders bedauerlich: beide Strom-

arten sind sicherlich noch berufen, in der Elektromedizin der Zukunft eine Rolle zu spielen.

Sinusoidale Ströme.

(Wechselstrom, pulsierender und Dreiphasenstrom.)

Der faradische Strom hat bekanntlich die Eigentümlichkeit, daß die beiden, eine faradische „Stromperiode" bildenden, entgegengesetzt gerichteten Stromstöße ungleiche Form und Stärke haben (s. S. 15). Die Schwankungen der elektromotorischen Kraft bilden — graphisch dargestellt (s. Fig. 64, I) — in jeder Stromperiode eine unregelmäßige Kurve, deren einer — abwärts von der Abszisse liegender — Abschnitt einen steilen, aber sehr niedrigen Anstieg und einen allmählichen Abfall zeigt, während der zweite — oberhalb der Abszisse gelegene — steil und erheblich höher ansteigt, um sofort wieder steil abzufallen. Die Erklärung für dieses Phänomen, das auf der Selbstinduktion der Primärspule und der Tätigkeit des Wagnerschen Hammers beruht, ist oben (S. 15) gegeben worden.

Sinusoidaler Wechselstrom.

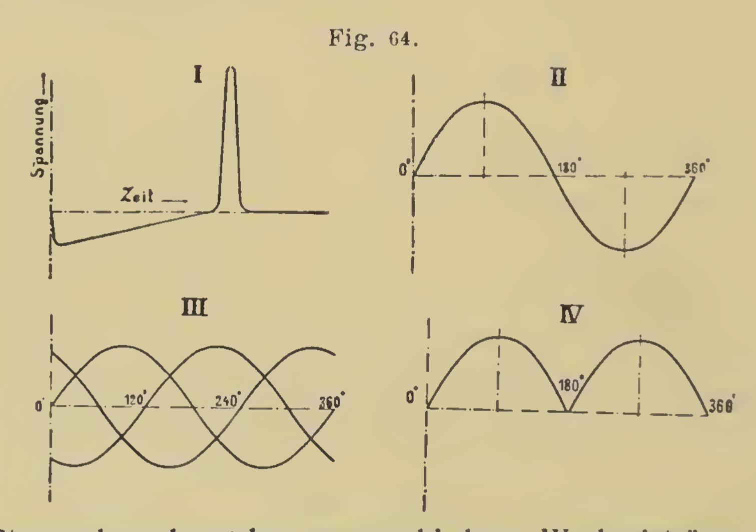
Ganz andere Kurvenform zeigen nun diejenigen Wechselströme, die nicht wie der faradische Induktionsstrom aus Primärrollen, sondern aus Stromquellen anderer Art gewonnen werden. Die Kraftschwankungen derjenigen Ströme z. B., die den Wechselstromdynamos der Elektrizitätszentralen entnommen werden und die nach entsprechender Abschwächung („Transformierung auf niedere Spannung*)") zu medizinischen Zwecken direkt dem Körper zugeführt werden können, zeigen nichts von den erwähnten Ungleichmäßigkeiten: ihre elektromotorische Kraft ändert sich vielmehr gleichmäßig von Stelle zu Stelle — „wie der „Sinus des Winkels, den jede Spule mit ihrer Anfangslage bildet" (Guttmann). Es entsteht somit bei ihrer graphischen Darstellung eine Stromkurve, deren einzelne Phasen regelmäßige, sog. Kreissinuskurven (Fig. 64, II) zeigen, die sich abwechselnd einmal über, einmal unter die Abszisse bewegen. — Dasselbe tritt ein, wenn man den Gleichstrom einer Dynamomaschine, also etwa einer Gleichstrombeleuchtungszentrale, mittels eines sog. Transformators, z. B. mittels zweier Schleifringe (Fig. 65 und 66) an dem für Vibrationsmassage bestimmten Motor eines fahrbaren Anschlußapparats (Multostaten usw. Fig. 49 und S. 159) in Wechselstrom umformt. Auch unabhängig von Zentralen, nämlich aus Akkumulatoren oder Batterien, läßt sich ein ebenso geformter „sinusoidaler Wechselstrom" entnehmen (Boruttaus transportabler Apparat).

*) Sie geschieht am einfachsten in der Weise, daß eine windungsreiche Spirale von der Stromquelle den Wechselstrom empfängt. In einer über sie verschiebbaren windungsarmen Spirale entsteht jetzt durch Induktion — umgekehrt wie bei der üblichen Erzeugung der faradischen Induktionsströme — nach dem bekannten Gesetze, daß die elektromotorische Kraft in der primären und sekundären Rolle sich wie ihre Windungszahlen verhält (S. 14), ein schwächerer Wechselstrom, der von ihr direkt auf den Körper übergeleitet werden kann (s. Fig. 66).

Magnet-elektrische Ströme.

Anm. Wesensähnlich, wenn nicht wesensgleich (M. Bernhardt) sind diejenigen Wechselströme, die dadurch gewonnen werden, daß man (im Schema Fig. 10) an Stelle des primären Stromkreises eines galvanischen Elements einen Magneten setzt und vor diesem eine Drahtrolle rasch rotieren läßt. Es treten jetzt in der Drahtrolle ähnliche Vorgänge auf wie bei der faradischen Induktion: bei jeder Umdrehung entstehen zwei einander entgegengesetzt gerichtete Ströme, die dann von der Spirale abgeleitet und zum Körper geführt werden können. — Nach diesem Prinzip sind die sog. magnetelektrischen Apparate (Saxton, Clarke, Stöhrer usw.) konstruiert, in denen vor den Polen eines Hufeisenmagneten mittels einer multiplizierenden Zahnradvorrichtung zwei Drahtspiralen an einem Handgriff sehr häufig in der Zeiteinheit in Umdrehung versetzt werden. Diese schon vor langer Zeit zu medizinischen Zwecken empfohlenen und angewandten Apparate werden gegenwärtig nicht mehr gebraucht.

Fig. 64.



Stromschwankungskurven verschiedener Wechselströme:
I. Induktionsstrom. II. (Einphasiger) Sinusoïdalstrom. III. (Dreiphasiger) Drehstrom.
IV. Undulierender (pulsierender) Strom.

Undulierender Strom.

Der Entdecker des sinusoidalen Wechselstromes, d'Arsonval, hat auch eine Modifikation desselben angegeben, die als undulierender, schwellender oder pulsierender Strom bezeichnet wird.

Er wird aus dem sinusoidalen durch Anbringung einer selbsttätigen Stromwendevorrichtung (eines Kommutators an dem Motortransformer, s. oben) gewonnen, die im Momente des Kurventiefganges jedesmal eine Stromwendung ausführt. Er unterscheidet sich infolgedessen vom Sinusoidalstrom dadurch, daß seine Stromkurven nicht nur Sinusform zeigen, sondern daß sie auch alle die gleiche Richtung zur Abszisse haben (s. Fig. 64, IV): während die des sinusoidalen Stromes sich bald über die Abszisse erheben, bald unter dieselbe sinken, bleiben die Wellenbewegungen des undulierenden Stromes alle oberhalb dieser Achse. Er ist also im Gegensatz zum sinusoidalen Wechselstrom ein sinusoidaler Gleichstrom.

Man kann endlich einer Wechselstromzentrale mittels dreier Leitungen auch einen Strom entnehmen, der sich dadurch charakterisiert, daß er aus drei in regelmäßigen Zeitabständen rasch hintereinander auftretenden Sinusoidalströmen besteht, deren Kurven sich in der in der Fig. 64, III gezeichneten Weise untereinander verflechten. Man nennt ihn Dreiphasenstrom und verwendet ihn therapeutisch mittels

Dreiphasenstrom.

dreier Elektroden, zwischen deren je zweien ein sinusoidaler Einphasenstrom verläuft. — Fig. 65 zeigt den transformierenden Motor (s. oben) eines Apparats für ein- und dreiphasige sinusoidale Wechselströme sowie das zugehörige Tableau mit den Apparaten zur Stromregulierung. Das Tableau enthält gleichzeitig einen Schlittenapparat für gewöhnliche Induktionsströme. Den Stromverlauf in diesem, von der Firma Reiniger, Gebbert & Schall konstruierten Apparate veranschaulicht das Schema in Fig. 66 in einer jede weitere Erklärung entbehrlich machenden Weise.

Fig. 65.

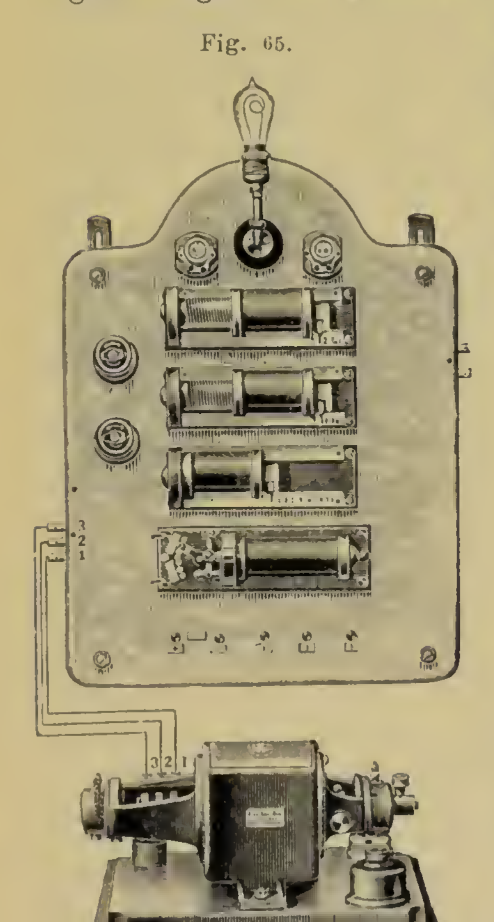
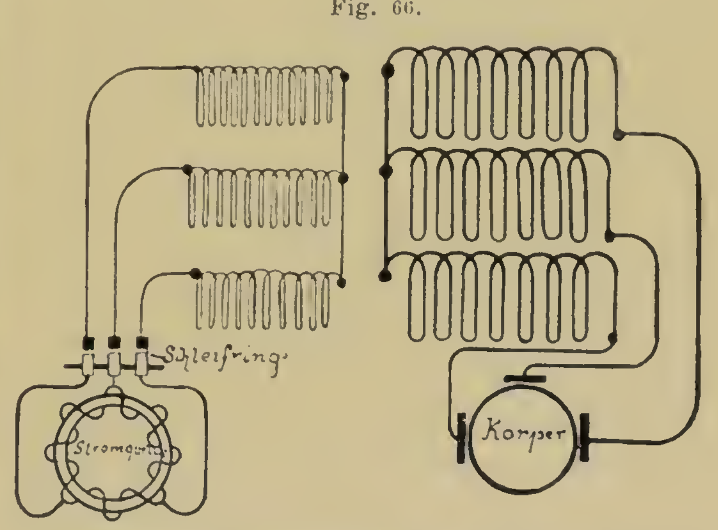


Tableau und Motor-Transformer für Behandlung mit gewöhnlichen Induktions- sowie ein- und dreiphasigen Sinusoidalströmen.
Bei 1, 2 und 3 unten die Ableitung von den drei Schleifringen (s. Fig. 66), oben die Zuleitung zu den Transformerspiralen.

Fig. 66.



Schema eines Apparats für ein- und dreiphasige sinusoidale Faradisation.

Auf der Achse eines Motor-Transformers befinden sich drei Schleifringe, die mit drei symmetrisch zu einander liegenden Punkten der Ankerwickelung des Motors in Verbindung stehen (vgl. den Text). Von ihnen wird der sinusoidale Wechselstrom abgenommen; will man einphasigen Strom abnehmen, so benützt man nur zwei der Schleifringe und zwei Elektroden, bei dreiphasigem alle drei Ringe und drei Elektroden. Die Regulierung der Stromspannung für die Therapie erfolgt mittels der sekundären Spiralen.

Die genannten Stromarten unterscheiden sich in ihrer physiologischen Wirkung von den anderen Induktionsströmen durch größere Milde — geringere Schmerzhaftigkeit, die wohl eine Folge ihrer größeren Gleichmäßigkeit ist. Für die Diagnostik können sie wie faradische und galvanische Ströme verwendet werden, ohne daß indessen ihre Benutzung nach M. Bernhardts Untersuchungen irgendeinen Fortschritt bedeutet. Die Handhabung des Instrumentariums ist leicht, und die Methodologie bedarf für denjenigen, der mit der Galvano- und Faradotherapie vertraut ist, keiner besonderen Beschreibung*).

*) Ein in allerletzter Zeit von Rasmussen & Ernst (Chemnitz) konstruierter Wechselstromapparat („Multikurrent-Stromerzeuger") ermöglicht mittels verschieden geformter auswechselbarer Anker, die vor den Polen eines Magneten rotieren, eine weit über die Zahl der oben erwähnten Kurventypen hinausgehende Mannig-

Ihr therapeutischer Indikationsbereich ist etwa der gleiche wie der der faradischen Ströme. Nur ist ihre Reizwirkung geringer, und sie eignen sich deshalb weniger für diejenigen Behandlungsmethoden, deren Hauptwirksamkeit auf Haut- und Muskelreizung beruht (z. B. Überrumpelungsverfahren S. 137). Dagegen wird ihnen eine bedeutende Tiefenwirkung nachgerühmt, und so sollen sie sich zur Therapie der Atrophien, Muskel- und Gelenkrheumatismen, Neuralgien und Stoffwechselkrankheiten, die pulsierenden Ströme ganz besonders zur Resorption von Nieren- und Gallensteinen, von Entzündungsprodukten der weiblichen inneren Genitalorgane, zur Verkleinerung von Uterusfibromen, gegen Hypertrophie der Prostata usw. eignen. Das gleiche gilt von den Dreiphasenströmen. Die beliebteste Form der Applikation von Sinusströmen ist die der Vollbäder oder der Zellenbäder (s. S. 133ff.). Hier ersetzen sie, besonders die sinusoidalen Wechselströme, vollkommen den faradischen Strom, ja sie werden von vielen Autoren wegen ihrer größeren Milde vor diesen bevorzugt. Von Smith, Hornung, Büdingen und Geissler, Rumpf u. a. werden diese Wechselstrombäder als hervorragendes Mittel, wenn nicht gar als Spezifikum gegen Herzneurosen, Herzvergrößerung und -insuffizienz, sowie gegen andere Herz- und Blutgefäßkrankheiten (s. oben S. 149) gerühmt: unter der Einwirkung des Bades soll sogar Verkleinerung der Herzdämpfung zu erzielen sein.

Es sei schließlich hier noch einmal, wie schon oben S. 159, darauf hingewiesen, daß die modernen rollbaren kastenförmigen Anschlußapparate (Fig. 49), wenn nicht auf besonderen Wunsch ein Duboisscher Schlittenapparat zur Erzeugung gewöhnlicher faradischer Induktionsströme aufmontiert wird, keinen anderen als sinusoidalen Wechselstrom von den mit „Faradisation“ bezeichneten Polklemmen abzuleiten gestatten. Über die Nachteile dieses Arrangements und die Mittel zu deren Abstellung vgl. S. 159.

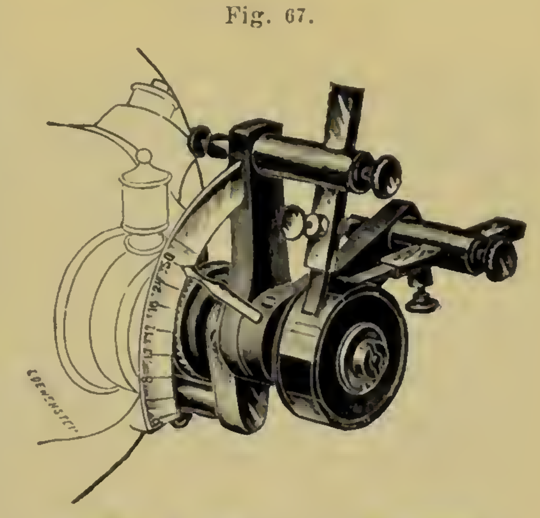
Leduc-Ströme.

Leduc hat 1902 über Versuche mit einer neuen Stromform berichtet, die er als unterbrochenen Gleichstrom bezeichnete. Der galvanische Strom einer Batterie oder der Gleichstrom einer Zentrale wird durch eine automatische Unterbrechungsvorrichtung 3000 bis 12000 mal in der Minute unterbrochen und so dem Körper direkt zugeführt. Zur Unterbrechung diente ihm eine Modifikation des Wagner-Neefschen Hammers (Stahlbandunterbrecher) mit gesonderter Stromquelle. Batschis-Naumburg konstruierte einen von L. Mann nachgeprüften Apparat, in dem durch ein in der Gangschnelligkeit regulierbares Uhrwerk zwischen 1000 und 14000 Unterbrechungen pro Minute hervorgerufen werden, und der übrigens gleichzeitig für Sinusoidalstrom

faltigkeit in der Form der Ausgleichskurven, also gleichsam die Erzeugung einer beliebig variablen Zahl von Zwischenstufen zwischen der faradischen und sinusoidalen Kurve. Der anscheinend nach Spannung und Periodenzahl gut regulierbare Apparat wird von Hoehl empfohlen. Nähere Angaben stehen aber noch aus.

usw. umgeschaltet werden kann. — Gegenwärtig wird vielfach eine einfache Konstruktion (Fig. 67) bevorzugt, die in einer mit ihrer Achse an einen Motor angeschraubten rotierenden Scheibe besteht, welche drei metallene und drei nichtleitende Sektoren trägt. Wenn der Motor an den Gleichstrom einer Zentrale oder Batterie angeschlossen wird und durch einen verstellbaren Hebel die Möglichkeit gegeben ist, die Kontaktdauer zwischen den leitenden Scheibensektoren und den stromzuführenden Drähten zu regulieren, so ergibt sich in gleicher Weise wie in dem ursprünglichen Leducschen Apparat ein oft unterbrochener Gleichstrom von regulierbarer Frequenz. Am Motor der kastenförmigen Anschlußapparate (Fig. 49) kann diese Vorrichtung leicht angebracht werden. Nur ist für feinste und vorsichtigste Regulierung des Stromes Sorge zu tragen.

Fig. 67.



Kleiner Apparat zur Erzeugung von Leduc-Strom, an einem Motor angeschraubt.

Elektronarkose.

Wenn man diesen „rhythmisch unterbrochenen Gleichstrom niederer Spannung" bei einer Unterbrechungsfrequenz von etwa 6000 bis 9000 durch den Kopf des Tieres oder des Menschen leitet, so tritt nach Leducs, auch von anderer Seite nachgeprüften Untersuchungen ein Zustand völliger Bewegungs- und Empfindungslosigkeit, beim Menschen (schon bei 4 MA und 35 Volt-Spannung) ein traumhafter Bewußtseinszustand ein — Elektronarkose. Nach Ausschalten des Stromes macht dieser Zustand sofort dem normalen Verhalten Platz. — Über sensible oder gemischte Nervenstämme aufgesetzt, ruft der Strom Anästhesie oder Hypästhesie im Ausbreitungsgebiete hervor, eine zwischen zwei Elektroden gesetzte Hautpartie wird hypalgetisch. Durch den unverletzten Schädel soll Erregung umschriebener Gehirnbezirke mit entsprechender motorischer Reaktion möglich sein. Auch Reizung motorischer Nerven gelingt mit dem Leduc-Strome, wie Mann nachgewiesen hat. Indessen wird er zur Diagnostik kaum verwendet.

Auch sein therapeutisches Anwendungsgebiet ist bisher sehr beschränkt. Zur örtlichen Narkose ist er ganz vereinzelt, zur allgemeinen wohl noch niemals versucht worden; öfter dagegen zur Schmerzlinderung in hyperalgetischen Gebieten — bei Ischias und anderen Neuralgien —, bei Migräne, Bronchialasthma, Angina pectoris, sowie gegen Juckreiz bei Urtikaria und Pruritus (Günzel u. a.). Man legt dann zwei manschettenförmige, durchfeuchtete Elektroden von entsprechender Größe an das zentrale und peripherische Ende des betreffenden Gliedabschnittes und leitet vorsichtig den Strom stabil hindurch. Gegen Obstipation und Blasenschwäche bedient man sich der stabilen und

labilen Elektrisation. Neuerdings wird von Leduc u. a. bei Lähmungen (namentlich degenerativen) diese Stromart bevorzugt.

Kondensatorentladungen.

Kondensatorentladungen.

Daß Entladungen von Kondensatoren (Leydner Flaschen, Franklinschen Tafeln usw.) Reizwirkungen auf Nerven und Muskeln ausüben, ist seit lange bekannt. Zanietowski gebührt das unbestrittene Verdienst, nach dem Vorgange von Dubois, Hoorweg u. a. und gestützt auf die physiologischen und klinischen Forschungen von Ziehen, G. Weiss, Cluzet, Lapicque, Mann, Bernhardt u. a., in einer Reihe beachtenswerter Arbeiten systematische Untersuchungen über die diagnostische und therapeutische Verwertung solcher Entladungen angestellt und das Verfahren damit in die Praxis eingeführt zu haben. Durch eine im Grunde recht einfache Methode wird es an dem von ihm angegebenen Apparate erreicht, eine Regulierung und Messung der Entladungen zu ermöglichen: ein Kondensator von bestimmter, bekannter Kapazität (s. unten) wird vom Strom einer Zentrale oder Batterie geladen; dieser Strom wird mittels der üblichen Reguliervorrichtungen abgestuft und seine Spannung an einem Voltmeter (s. S. 56 u. 157) gemessen. Ist so der Kondensator bis zu einer bestimmten und bestimmbaren Spannung geladen, so wird er durch einen willkürlich verstellbaren oder automatisch in Gang tretenden Umschalter in den menschlichen Körper entladen. (Vgl. dazu Fig. 68 u. 69.)

Fig. 68.

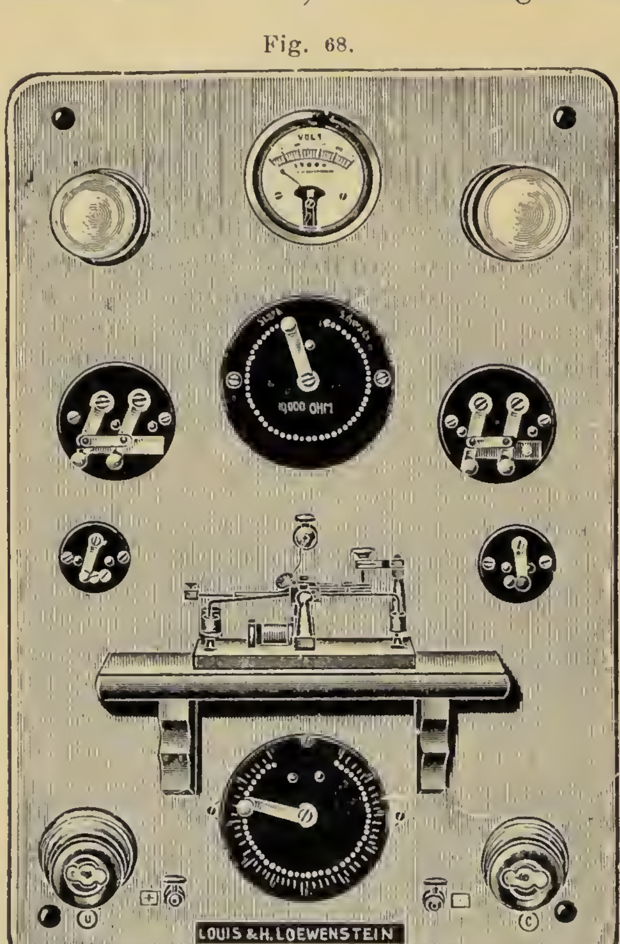
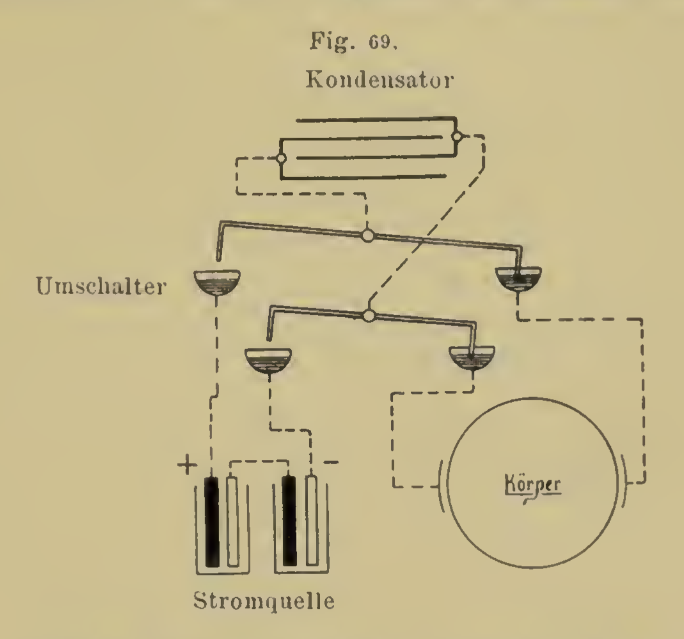


Tableau für Kondensatorentladungen.
Oben in der Mitte der Meßapparat (Ampère- resp. Voltmeter), zu beiden Seiten desselben Bleisicherungen, unter dem Meßapparat der Rheostat, an einer Seite desselben der Stromwender, an der anderen eine Schaltung, die gestattet, den Meßapparat bald als Ampèremeter, bald als Voltmeter zu benutzen (s. S. 157). Unter dem Rheostaten die Wippe (Umschalter, Fig. 69), darüber rechts Kontakte, um diese Wippe selbsttätig oder durch Fingerdruck in Gang zu setzen (vgl. den Text), links ein Multiplikator für das Galvanometer. Unter der Wippe ein Voltregulator (äußerlich dem Rheostaten gleichend), rechts daneben ein Schaltkontakt für den ganzen Apparat, links ein gesonderter für die Wippe.

Der Apparat Zanietowskis, sowie auch der von ihm und Mann gemeinsam angegebene (Fig. 70) setzt sich demnach aus Kondensator, bipolarem Umschalter und den üblichen Regulier- und Meßvorrichtungen zusammen. Der Kondensator (dessen „optimale Kapazität“ zur Erzielung möglichst konstanter Resultate nach Zanietowski etwa 0,01 bis

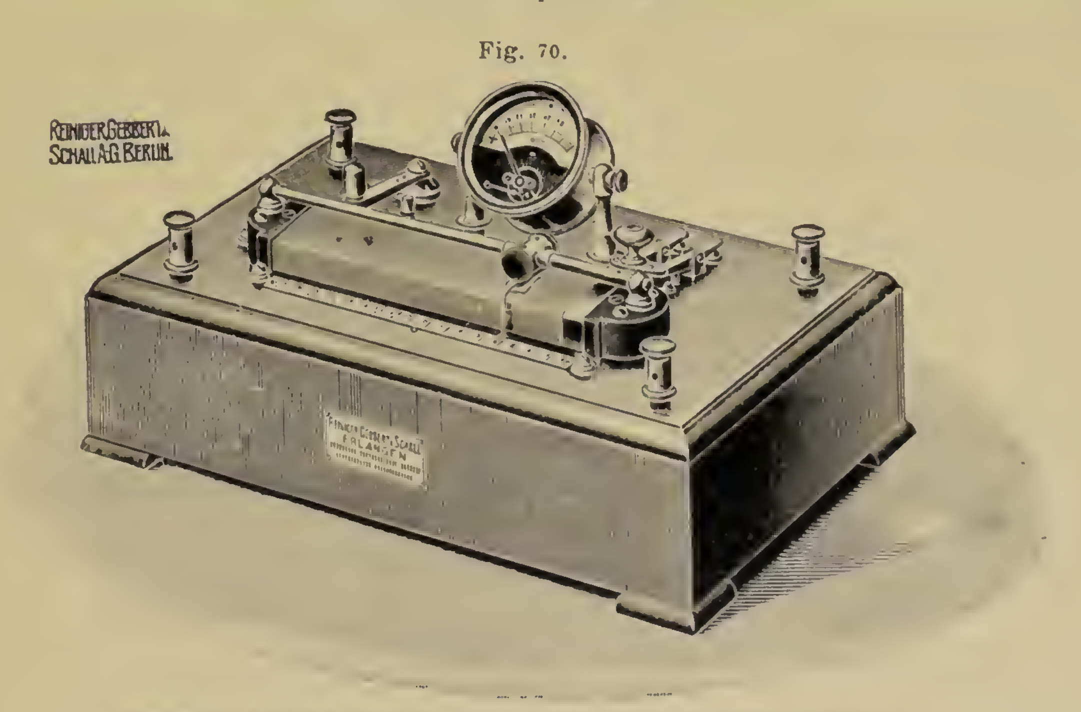
0,05 Mikrofarad*) betragen würde) wird aus praktischen Gründen gewöhnlich in einer Kapazität von 1 Mikrofarad — oder auch abstufbar auf $^1/_2$, 1 und $1^1/_2$ — hergestellt. Er besteht aus Glimmer (oder paraffiniertem Kartonpapier) und Stanniol. Der bipolare Umschalter ist eine Kontaktwippe, die durch Fingerdruck einzelne Entladungen er-

Fig. 69.



Schema des Stromverlaufs im Apparat Fig. 68.
Je nach der Stellung des Umschalters wird der Kondensator von der Stromquelle geladen oder in den Körper entladen.

Fig. 70.



Transportabler Kondensatorapparat nach Zanietowski-Mann.

*) Kapazität ist die Ladungsfähigkeit eines Kondensators; sie ist um so größer, je größer die Elektrizitätsmenge (e) ist, die er faßt, und je kleiner die Spannung, das Potential (V), ist, unter der das geschieht. $C = \frac{e}{V}$. Das Einheitsmaß für die Kapazität ist das Farad, d. h. die Kapazität für eine Elektrizitätsmenge von 1 Coulomb bei 1 Volt Spannung. 1 Coulomb aber ist die Elektrizitätsmenge, die ein galvanischer Strom von 1 Ampère innerhalb einer Sekunde erzeugt. Ein Mikofarad ist der millionste Teil eines Farads.

zeugen läßt, während durch einen automatischen „Relais“ vielfache aufeinanderfolgende, denen des Induktionsapparates ähnliche, rasche Entladungen hervorgerufen werden. Aus der schematischen Figur 69 geht der Stromverlauf bei Ladung und Entladung ohne weiteres hervor. Man sieht, daß bei der (in der Figur nicht gezeichneten) Senkung der Wippe nach links der Kondensator von der Stromquelle geladen wird; bei der abgebildeten Stellung des Umschalters hingegen gibt er seine Ladung an den Körper ab. Durch Regulation der Spannung in der Stromquelle — mittels der üblichen, in der Fig. 69 weggelassenen, in Fig. 68 aber sichtbaren Apparate: Rheostat, Voltregulator — erreicht man eine Abstufung der Ladung im Kondensator und demgemäß der Entladung im Körper. — Der durch Fingerdruck zur Tätigkeit gebrachte Umschalter erzeugt eine einmalige, momentane Entladung: motorische Nerven und Muskeln reagieren darauf durch blitzartige Kontraktion, die bei Reizung mit der Kathode stärker ist: Öffnungszuckungen treten nicht auf. Wird er dagegen mit Hilfe der selbsttätigen Wippe in eine permanente hin und her gehende Bewegung versetzt, dann erzeugt er vielfache, rasch aufeinanderfolgende Entladungen: der motorische Apparat reagiert darauf durch klonische, sich dem Tetanus nähernde Kontraktionen. Neuerdings hat Zanietowski eine Elektrode konstruiert, die selbst einen Taster für die Umschaltung trägt und damit die Untersuchung erleichtert. Im übrigen ist der Gang der Untersuchung (exaktes Aufsuchen der erregbarsten Punkte usw.) dem der galvanischen Prüfung analog. — Da nach Zanietowskis, von anderen Forschern bestätigten Versuchen die elektrolytischen und elektrotonischen Einflüsse dieser kurzen Entladungen — wenn überhaupt vorhanden — minimal sind und unter ihrer Einwirkung weder Schmerz noch wesentliche Veränderungen des Leitungswiderstandes eintreten, so kommt die Reizwirkung der Elektrizität bei dieser Form der Applikation so rein wie bei keiner der bekannten Stromarten zur Geltung, und es ist somit gelungen, eine Art Elektrodiagnostik mit elementaren Reizen zu begründen, deren Exaktheit die aller bisherigen Methoden übertrifft (Hoorweg und Ziehen), und die deshalb für die Zukunft unserer Wissenschaft von großer Bedeutung zu werden verspricht.

Die bisherigen Hauptresultate der Forschungen über diese Stromform sind folgende:

1. Es sind physiologische Erregbarkeitstabellen für Kondensatorentladungen aufgestellt worden, die sich dadurch vorteilhaft von den Tabellen für die anderen Stromarten unterscheiden, daß die Werte sowohl bei verschiedenen Individuen als bei denselben zu verschiedenen Zeiten nur unwesentlich untereinander differieren. So beträgt nach Zanietowski bei Normalen der kondensatorische Schwellenwert am N. accessorius bei einem Kondensator von 1 Mikrofarad regelmäßig 9—10 Volts, während der galvanische (vgl. die Tabellen S. 30/31) zwischen 0,10 und 0,44 MA, der faradische zwischen 130 und 145 mm RA schwankt; am N. medianus beträgt er 14, am N. facialis 14—17, am

N. ulnaris II 19, am N. radialis 24—25. L. Mann und Bernhardt sind im wesentlichen zu gleichen Resultaten gekommen; nur bei Kindern sind nach Mann die Werte höher. Mit Kondensatoren „optimaler Kapazität" (s. oben) läßt sich eine noch größere Konstanz erreichen, nur sind dann zu hohe, praktisch schlecht verwendbare Spannungen (bis 70 Volt) erforderlich. — Dieselbe Gleichmäßigkeit zeigen die sensiblen Schwellenwerte: sie betragen nach Kramer an der Lippe 10, an der Wange 6,8, an der Stirn 6,5, am Oberarm 10 bis 12 Volts usw. — Daraus erhellt ohne weiteres die Überlegenheit der Methode über die älteren Verfahren zur Feststellung quantitativer Reaktionsanomalien auf motorischem und sensorischem Gebiete.

2. Es ist der Nachweis ihrer diagnostischen Verwertbarkeit noch weiterhin erbracht: abgesehen nämlich davon, daß die Elektrodiagnose aller bekannten pathologischen Reaktionsveränderungen (Ea R, My R usw.) mittels der Entladung infolge ihrer Kürze und des Wegfalls elektrotonischer und widerstandsverändernder Stromeinflüsse feiner und leichter wird, sind bereits interessante, für sie spezifische, diagnostische Einzelheiten beobachtet worden: bei Dystrophia musculorum ließ sich Fehlen aller Kondensatorzuckungen trotz erhaltener faradischer und galvanischer Erregbarkeit feststellen; die myasthenische Ermüdungsreaktion tritt auffallend langsam ein, die myotonische sehr deutlich und schmerzlos; Tetanieanfälle lassen sich durch „erhöhte kondensatorische Erregbarkeit" längere Zeit vorhersagen, und bei Tabes, Syringomyelie, Beschäftigungsneurosen, Neuralgien usw. zeigen sich bemerkenswerte elektrische Sensibilitätsbefunde. Schließlich ist die Methode auch zur Untersuchung des N. acusticus und des N. opticus in letzter Zeit verwendet worden.

Der diagnostischen Leistungsfähigkeit dieser Stromart ist ihr therapeutischer Wert (gerade wegen des Wegfalls der therapeutisch so bedeutsamen elektrolytischen und elektrotonischen Wirkungen) wohl nicht ganz ebenbürtig, wenn er auch sicherlich nicht zu unterschätzen ist. So empfiehlt sie Zanietowski unter anderem zur schmerzlosen Elektrisation in der Pädiatrie und bei Neurasthenikern sowie zur „massageähnlichen Erschütterung feiner Gewebe". Zur Behandlung von Lähmungen und Atrophien dürfte sie recht geeignet sein. Es wäre zu wünschen, daß ihr die Praktiker größere Aufmerksamkeit schenken. Neuerdings werden von einigen Fabriken in die vielverbreiteten fahrbaren Anschlußapparate (Fig. 49, S. 160) Kondensatoren eingebaut, sie verteuern das Instrumentarium nur ganz unwesentlich.

Jodko-Strom (monodischer Voltstrom).

Jodko-Strom.

Nach Narkiewicz-Jodko kann man zu therapeutischen Zwecken den Strom eines Rühmkorffschen Induktoriums (s. oben S. 184) auch direkt benützen, indem man einen seiner Pole — die Anode — zu einem in eine Flüssigkeit tauchenden Kupferdrahte führt, während der andere frei mit einer Spitze endet. Mit letzterem kann man Muskeln reizen oder eine Allgemeinbehandlung ähnlich wie bei dem statischen

Luftbade (s. dort), mit dem röhrenförmigen Gefäß, das die Flüssigkeit und den Kupferdraht enthält, kann man örtliche Massage ausführen. — Die Wirkung des Stroms beruht auf der Eigenschaft der elektrischen Wellen, sich in der Atmosphäre zu verbreiten und in allen benachbarten Körpern Induktionserscheinungen zu erzeugen. Nach Colombo ruft seine lokalisierte Applikation auf die Haut über Muskelpunkten kräftige Kontraktionen hervor, selbst wenn die Muskeln degeneriert und weder faradisch noch galvanisch erregbar sind. Bisher wird indessen diese Stromart weder diagnostisch noch therapeutisch in nennenswertem Maße angewendet.

Oszillierender Strom.

Diesen Strömen sehr ähnlich, wenn nicht völlig identisch mit ihnen, sind die von Rumpf zur Behandlung von Herzdilatation und Insuffizienz empfohlenen „oszillierenden" Ströme: von einem kräftigen Rühmkorffschen Induktorium wird ein Pol zu einer dünnen, mit zusammengeballtem Stanniolpapier gefüllten Laboratoriumsflasche geführt, die als Elektrode dient, während der andere Pol zu einer Fußplatte (vgl. S. 178ff.) geht. Rumpf nimmt an, daß so eine direkte Reizung des Herzmuskels zu erzielen ist. Auch gegen Neuralgien sowie zur allgemeinen Elektrisation hat er sein Verfahren mit Erfolg verwendet.

Elektromagnete.

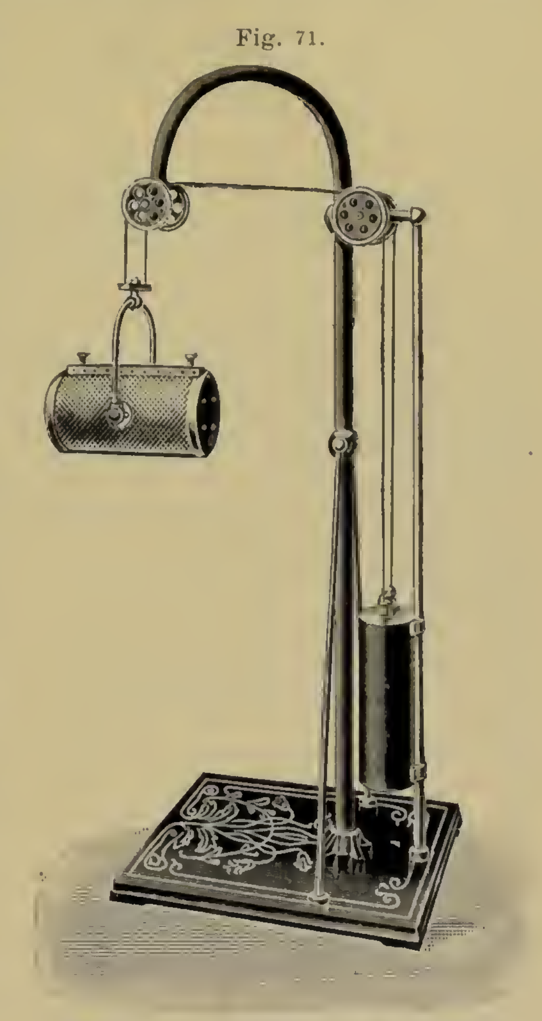
Elektromagnetische Behandlung.

Dieses vom Ingenieur Eugen Konrad (Müller) durch Zufall gefundene Verfahren gehört streng genommen nicht zur Elektrotherapie, sondern ist eine besondere Form der in anderer Weise schon vordem angewandten Magnetotherapie. Während jedoch bei der letzteren der Patient der Einwirkung eines permanenten Magneten (d. h. eines ein für alle mal magnetisch gemachten Eisenstücks) ausgesetzt wird, handelt es sich hier um einen Wechselstrom-Elektromagneten: durch einen hohlen Kern aus zahlreichen Eisenblechblättchen wird mittels einer herumgewickelten Drahtspirale der Wechselstrom einer Zentrale (bzw. der durch einen Transformator in Wechselstrom verwandelte Gleichstrom einer solchen) geleitet; durch diesen Strom von hoher Intensität, aber relativ geringer Spannung und Wechselfrequenz — 60 bis 70 Polwechsel — wird in dem Eisenkern ein Magnetismus mit ebensooft wechselnder Polarität erzeugt: der Eisenkern zieht dann paramagnetische Körper stark an, indem er z. B. Eisenfeilspäne radienförmig anordnet, und stößt diamagnetische (z. B. Aluminium) stark ab, ohne daß der zwischengeschaltete menschliche Körper etwas daran ändert (die magnetischen Kraftlinien gehen hindurch, permeant, daher der anfangs gewählte, jetzt fallengelassene Name „Permeaverfahren"). Diesem magnetischen Feld wird der zu behandelnde Körperteil ausgesetzt.

Das Instrumentarium besteht aus der Stromquelle und dem sog. Radiator (s. Fig. 71), d. h. einer mit der Zylinderfläche nach oben und unten sehenden, beweglich aufgehängten Trommel, deren ebene Flächen aus Serpentinsteinplatten bestehen, und in deren Innerem außer dem genannten Elektromagneten bei den ersten Apparaten auch

noch eine doppelte — innere und äußere — Kühlvorrichtung zur Bekämpfung der starken Wärmeentwicklung sich befand, die bei den neueren Apparaten weggelassen und durch Luftkühlung ersetzt ist. Die Stromquelle ist die Beleuchtungsanlage (bei Gleichstrombeleuchtung unter Einschaltung eines Transformators). Ein Tableau enthält die Apparate zur Strom- und Wasserzuleitung, zur Strommessung und Regulierung; ein großer Metallrheostat ermöglicht die Abstufung.

Fig. 71.



Stativ mit „Radiator" für elektromagnetische Behandlung.

Bei einer anderen Form des Verfahrens (System Trüb — im Gegensatz zum „System Konrad") wird das wechselnde magnetische Feld nicht durch Wechselstrom in einem ruhenden Magneten, sondern durch Gleichstrom in einem rotierenden Hufeisenmagneten erzeugt. In technischer Hinsicht ist das Trübsche Verfahren wohl dem Konradschen überlegen; in physiologischer Beziehung scheinen beide Verfahren gleichwertig zu sein. Das wenige, was darüber bekannt ist, ist folgendes:

Hält man eine Gesichtsseite gegen den Radiator, so tritt Augenflimmern auf, das bei Augenschluß oft verschwindet. (Bisher nicht genügend erklärt.) Andere physiologische Wirkungen sollen in Vermehrung des Oxyhämoglobingehaltes des Blutes, in sedativem Einfluß auf die Vasomotoren usw. gefunden worden sein.

Therapeutisch wird das Verfahren — oder (richtiger gesagt) wurde es — besonders gegen allerhand Neuralgien (auch chronische), gegen lanzinierende Schmerzen bei Tabes, Gelenk- und Muskelrheumatismus, Gicht, nervöse Herz- und Magenleiden, Neurasthenie (namentlich auch Schlaflosigkeit), vasomotorische Störungen, Angina pectoris usw. empfohlen (Rodari, Lilienfeld, Kuznitzky, Krefft, Schenk, v. Sarbo, Lippert, Martin u. a.). Heute ist das Verfahren wohl nur noch wenig im Gebrauch. Nach meinen eigenen Untersuchungen, denen die gegenwärtig allgemeine Enttäuschung recht gegeben hat, beruhen seine Erfolge ganz oder zum überwiegenden Teil auf Suggestion.

Sach-Register.

F.

G.

N.

O.

P.

T.

U.

V.







